

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA DE
VAPOR DE UMA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA**

BENJAMIN CUNHA DO AMARAL

CAMPO GRANDE

2022

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

**IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMA DE
VAPOR EM UMA INDÚSTRIA FRIGORÍFICA**

BENJAMIN CUNHA DO AMARAL

Trabalho de defesa do Mestrado Profissional apresentado na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Eficiência Energética.

Orientadora: Profa. Dra. Andrea Teresa Riccio Barbosa

CAMPO GRANDE

2022

RESUMO

A descoberta em 1970 de que o petróleo não é um recurso inesgotável desencadeou a crise do petróleo, levando a um aumento no preço e escassez do produto. Isso impulsionou discussões sobre eficiência energética e conservação em nível global. O Brasil implementou programas de incentivo à eficiência energética a partir da década de 1980. A pegada ecológica da humanidade é monitorada pela *National Footprint and Biocapacity Accounts* (NFAs), que revela o dia de sobrecarga da Terra, quando a demanda humana excede a capacidade de regeneração do planeta. No setor industrial brasileiro, embora seja o maior consumidor de energia elétrica, não houve um aumento significativo no consumo, indicando potencial de melhoria na gestão energética. Houve queda na geração de energia a carvão, nuclear e gás natural, mas fontes como energia solar, biomassa e eólica apresentaram crescimento. Empresas enfrentaram problemas com matérias-primas e custos elevados durante a pandemia, resultando em impactos nas cadeias produtivas. Ações específicas de melhoria em motores, bombas, compressores e processos são implementadas para lidar com o aumento do consumo de energia industrial. Caldeiras na indústria alimentícia usam muito combustível, tornando a eficiência energética importante para reduzir gastos. A pesquisa busca otimizar o sistema de vapor, trazendo benefícios financeiros e ambientais para as empresas. Foi realizado um estudo de caso para investigar a eficiência energética do sistema de geração de vapor em um frigorífico de aves pesadas. Foram coletados dados bibliográficos e de campo, incluindo medições de pressão, temperatura e consumo de lenha. A pesquisa teve uma abordagem multidisciplinar e utilizou métodos quantitativos. O objetivo era propor medidas para reduzir o consumo de vapor. A metodologia foi dividida em seis fases, incluindo levantamento de dados, verificação do processo produtivo e obtenção de indicadores. Foram definidas metas e implementadas ações de melhoria com base nos resultados analisados. O estudo utilizou o Diagrama de Ishikawa para identificar as causas raízes do problema. Os objetivos de analisar o consumo e propor ações de eficiência energética no sistema de vapor de uma indústria frigorífica foram alcançados, gerando uma diminuição de 8,33% no indicador kgComb/t. O projeto demonstrou que é possível obter economia considerável de combustíveis, trazendo vantagens ambientais e contribuindo para melhorar a eficiência energética em indústrias que utilizam sistema de vapor.

Palavras-chave: eficiência energética, caldeira, frigorífico de aves, indicadores.

ABSTRACT

The discovery in 1970 that oil is not an inexhaustible resource triggered the oil crisis, leading to an increase in price and scarcity of the product. This propelled discussions on energy efficiency and conservation at a global level. Brazil implemented energy efficiency incentive programs starting from the 1980s. The ecological footprint of humanity is monitored by the National Footprint and Biocapacity Accounts (NFAs), which reveals Earth Overshoot Day when human demand exceeds the planet's regenerative capacity. In the Brazilian industrial sector, although being the largest consumer of electric energy, there has not been a significant increase in consumption, indicating potential for improvement in energy management. There has been a decline in the generation of coal, nuclear, and natural gas-based energy, but sources such as solar, biomass, and wind energy have shown growth. Companies faced issues with raw materials and high costs during the pandemic, resulting in impacts on production chains. Specific actions for improvement in engines, pumps, compressors, and processes are implemented to address the increase in industrial energy consumption. Boilers in the food industry utilize a significant amount of fuel, making energy efficiency important for cost reduction. Research aims to optimize the steam system, bringing financial and environmental benefits to companies. A case study was conducted to investigate the energy efficiency of the steam generation system in a poultry processing plant. Bibliographic and field data were collected, including measurements of pressure, temperature, and wood consumption. The research employed a multidisciplinary approach and utilized quantitative methods. The objective was to propose measures to reduce steam consumption. The methodology was divided into six phases, including data collection, verification of the production process, and obtaining indicators. Goals were defined, and improvement actions were implemented based on the analyzed results. The Ishikawa Diagram was used to identify the root causes of the problem. The objectives of analyzing consumption and proposing energy efficiency actions in the steam system of a poultry processing industry were achieved, resulting in an 8.33% decrease in the kgComb/t indicator. The project demonstrated that significant fuel savings are possible, bringing environmental advantages and contributing to improving energy efficiency in industries utilizing steam systems.

Keywords: energy efficiency, boiler, cold meat industry, indexes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Consumo elétrico em GWh por setor de 2016 até 2020.	15
Figura 2 – Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh) de 2016 até 2020.....	15
Figura 3 - Principais problemas: falta ou alto custo de matérias-primas em 2021.....	16
Figura 4 - Meta e consumo de vapor atual para o ano de 2021 na unidade abatedoura em estudo.....	18
Figura 5 - Distribuição dos artigos selecionados na 2ª etapa por ano desde 2010	21
Figura 6 - Tipos de combustíveis comuns para caldeiras.....	25
Figura 7 – Representação simplificada do funcionamento de uma caldeira.	29
Figura 8 - Caldeira flamotubular	31
Figura 9 - caldeira aquatubular.....	32
Figura 10 - Funcionamento simplificado caldeira aquatubular	32
Figura 11 - Componentes da caldeira a gasogênio.	34
Figura 12 - descrição do gasogênio.	35
Figura 13 - Esquema de uma caldeira e seus componentes.....	36
Figura 14 - Purgador de linha de vapor.	37
Figura 15 - Golpe de aríete.....	38
Figura 16 - Fluxograma da metodologia	44
Figura 17 - Diagrama de Ishikawa	49
Figura 18 - Processo de abate de evisceração em um frigorífico de abate de aves.	56
Figura 19 - Processo de abate da evisceração até embalagem final em um frigorífico de abate de aves	57
Figura 20 - Fluxo térmico caldeira Berkes	59
Figura 21 - Placa caldeira Berkes.	59
Figura 22 – Placa caldeira Bremer	61
Figura 23 - Fluxo térmico caldeira Bremer presente no setor de vapor de um frigorífico de abate de frango.....	61
Figura 24 - Medição de lenha consumida.....	64
Figura 25 - Reservatório de óleo da caldeira Berkes.....	66
Figura 26 - Base de lenha da caldeira Bremer.....	66

Figura 27 - Medidor de umidade da lenha do frigorífico de aves utilizando o equipamento Dl2000 Digisystem.	67
Figura 28 – Gráfico com dados de lenha consumida e prevista em 2021 no frigorífico.	69
Figura 29 – Comparação entre consumo de lenha em reais realizado em 2021 e o necessário para atingir a meta estipulada pelo frigorífico.	70
Figura 30 - Gráfico de consumo médio de lenha em m ³ , em porcentagem e em porcentagem acumulada, por turno de trabalho no mês de janeiro de 2022 no frigorífico.	72
Figura 31 - Gráfico consumo médio de lenha em m ³ por dia da semana do mês de janeiro de 2022, em porcentagem e em porcentagem acumulada, no frigorífico.	73
Figura 32 - Vazamento no corpo da caldeira Bremer.	75
Figura 33 - Vazamento na gaxeta do coletor de vapor da caldeira Bremer.	75
Figura 34 - Bombas da caldeira Bremer que estavam sem dados de ultima manutenção preventiva e com alta vibração.	76
Figura 35 - Deficiência de isolamento no reservatório de água	77
Figura 36 - Vazamento caldeira Berkes	78
Figura 37 - Isolamento deficiente caldeira Berkes	79
Figura 38 - Tubulação da caldeira Berkes com cascas.	80
Figura 39 - Vazamentos severos na tubulação do interior da caldeira Berkes.	81
Figura 40 - Vazamento na bomba da central de higienização no frigorífico.	82
Figura 41 - Vazamento coletor de vapor caldeira Berkes	82
Figura 42 - Vazamento bomba de alimentação caldeira Berkes.	83
Figura 43 - Vazamento válvula na central de higienização.	84
Figura 44 - Grua descarregando lenha.	85
Figura 45 - Lenha em pilhas no pátio	86
Figura 46 - Bases das caldeiras (suporte de lenha) Bremer e Berkes.	87
Figura 47 - Medidores caldeira Bremer, à esquerda o manômetro que mede a pressão de saída da caldeira e o da direita mede a pressão de entrada do abatedouro.	87
Figura 48 - Medidores caldeira Berkes, o da esquerda mede a pressão de saída da caldeira e o da direita a pressão na entrada da FFO.	88
Figura 49 - <i>Brainstorming</i> problema I.	89
Figura 50 - <i>Brainstorming</i> problema II	90
Figura 51 - <i>Brainstorming</i> problema III	90

Figura 52 - Vazamento tubulação caldeira Berkes.....	103
Figura 53 - Antes e depois da reposição do isolamento da caldeira Berkes.....	103
Figura 54 - Antes e depois coletor de vapor caldeira Bremer	104
Figura 55 - Alimentação de lodo na caldeira Bremer.....	105
Figura 56 - Moega de lodo	105
Figura 57 - Atualização de linha não finalizada	107
Figura 58 - Reservatório de condensado	108
Figura 59 - Consumo em 2022 de lenha em m ³ no frigorífico.	109
Figura 60 - Gráfico comparativo kgComb/t real e meta por mês.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados da pesquisa por palavras chaves	20
Tabela 2 - Total de publicações por fase de pesquisa bibliométrica	20
Tabela 3 - Trabalhos que contribuíram com o desenvolvimento do projeto.	23
Tabela 4 - Poder calorífico de substâncias	28
Tabela 5 - Finalidades e componentes das caldeiras a vapor.	35
Tabela 6 -Consumo de lenha por caldeira e dia da semana.....	48
Tabela 7 -Indicadores diários e mensais a serem medidos.....	53
Tabela 8 - Características das caldeiras	60
Tabela 9 – Amostra de produção diária.de produção de farinha, de abate e total de alguns dias do frigorífico.....	62
Tabela 10 – Abate de frango realizado <i>versus</i> plano orçado de 2021.	63
Tabela 11 – Valores gastos com lenha em 2021em reais, orçado e realizado.....	63
Tabela 12 - Amostra de medição do consumo de lenha em m ³ realizada pelo almoxarife e caldeira nos 3 turnos.	65
Tabela 13 - Consumo de óleo e de lenha por caldeira.....	65
Tabela 14 – Porcentagem média de umidade das lenhas utilizadas no frigorífico.....	67
Tabela 15 - Amostra de temperaturas mínimas e máximas na cidade do projeto.	67
Tabela 16 – Simulação para encontrar quantidade necessária de lenha para atingir a meta de KgComb/t no ano de 2021.....	69
Tabela 17 – Gastos do frigorífico por setor no ano de 2021.	71
Tabela 18 - Gastos em utilidades de 2021 no frigorífico.	71
Tabela 19 - Plano de manutenção preventiva das caldeiras Berkes e Bremer instaladas no frigorífico para o ano de 2021.	73
Tabela 20 – Análise por <i>brainstorming</i> de causas mais prováveis problema I - alto consumo de lenha na caldeira.	91
Tabela 21 - Análise por <i>brainstorming</i> de causas mais prováveis problema II - alto índice de vazamentos	92
Tabela 22 – Análise por <i>brainstorming</i> de causas mais prováveis problema III - perdas de eficiência na caldeira	92
Tabela 23 – Análise de hipóteses	94

Tabela 24 - Relação causas e causas raízes	96
Tabela 25 - Estratégias de ação	96
Tabela 26 - Análise econômica cenário 1.....	98
Tabela 27 - Análise econômica cenário 2.....	99
Tabela 28 - Análise econômica cenário 3.....	99
Tabela 29 - Plano de ação para a diminuição do consumo de lenho no frigorífico	101
Tabela 30 - Viabilidade financeira mensal e anual da realização total e parcial do PDCA ...	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONPET	Programa Nacional de Racionalização de uso de derivados de Petróleo e Gás Natural
PROCEL	Programa Nacional de Eficiência Energética
CNI	Confederação Nacional da Indústria
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FODAFA	<i>Footprint Data Foundation</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NFAs	<i>National Footprint and Biocapacity Accounts</i>
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
PDCA	<i>Plan, do, check, act</i>
PIA	Pesquisa Industrial Anual
GLP	Gás liquefeito de petróleo
ETA	Estação de tratamento de água
ETE	Estação de tratamento de efluentes
FFO	Fábrica de Farinha e Óleo
5W2H	Ferramenta para checklist administrativo de atividades

SUMÁRIO

RESUMO.....	3
ABSTRACT	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
Sumário.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Objetivo Geral	18
1.2 Objetivo Específico	18
1.3 Justificativa	18
2 TRABALHOS RELACIONADOS	20
2.1 Resultados da busca bibliométrica	21
3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO.....	25
3.1 Combustíveis.....	25
3.1.1 Combustíveis líquidos.....	26
3.1.2 Combustíveis gasosos.....	26
3.1.3 Combustíveis sólidos	26
3.2 Combustão	27
3.2.1 Calor	27
3.2.2 Poder calorífico	27
3.3 Tipos de geradores de vapor	28
3.4 Caldeiras a vapor	28
3.5 Tipos de caldeira a vapor	30
3.5.1 Caldeiras flamotubulares.....	30
3.5.2 Caldeiras aquatubulares.....	31

3.6	Caldeira a gasogênio	33
3.6.1	Componentes da caldeira a gasogênio	33
3.7	Componentes da caldeira a vapor	35
3.8	Recomendações de eficiência energética em caldeiras.....	36
3.8.1	Tratamento de água	39
3.9	Recomendações NR13	40
3.10	Calculo de eficiência	41
3.10.1	Método direto	41
3.10.2	Método indireto	42
4	metodologia	43
4.1	1º Etapa - Levantamento de dados referentes às características estruturais e energéticas do frigorífico e definição de indicadores a serem obtidos	45
4.2	2º Etapa - Verificação do processo produtivo da indústria.....	45
4.3	3º Etapa - Obtenção das características do sistema de vapor e das caldeiras	45
4.4	4º Etapa - Obtenção dos parâmetros.....	46
4.5	5º Etapa - Obtenção dos indicadores e definição de metas a serem atingidas, com processamento dos dados e implementação de ações para melhoria de processos	46
4.6	6ª Etapa Análise de resultados	52
5	resultados.....	53
5.1	1ª Etapa - Levantamento de dados referentes às características estruturais e energéticas do frigorífico e definição de indicadores a serem obtidos	53
5.2	2ª Etapa - Verificação do processo produtivo da indústria.....	54
5.2.1	Processo de abate de aves.....	54
5.2.2	Área fria	56
5.2.3	Uso do vapor	58
5.3	3ª Etapa - Obtenção das características do sistema de vapor e das caldeiras	58
5.3.1	Fluxo de energia térmica das caldeiras	58
5.4	4º Etapa - Obtenção dos parâmetros medidos	62

5.5	5ª Etapa - Obtenção dos indicadores e definição de metas a serem atingidas, com processamento dos dados e implementação de ações para melhoria de processos	68
5.5.1	Planejamento	68
5.5.2	Ação	102
5.5.3	Checagem	108
5.5.4	Melhoria contínua	111
6	<i>Conclusão</i>	112
7	<i>anexo A - propriedades da água saturada (líquido e vapor)</i>	114
8	<i>anexo B - diagrama de mollier para vapor saturado</i>	115
9	<i>APENDICE A – BASE DE DADOS</i>	117
10	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	144

1 INTRODUÇÃO

No ano de 1970 foi descoberto que o petróleo não é um recurso natural inesgotável, o que marcou no cenário global uma grande crise que ficou conhecida com a crise do petróleo. O “ouro negro” como o petróleo também é conhecido, foi estimado na época que se não houvesse um controle em seu consumo, em 70 anos o recurso natural se esgotaria (O’KEEFE *et al.*, 1984). E essa notícia fez com que o preço do produto aumentasse e chegasse até a 4 vezes o seu valor, o que ocasionou uma diminuição de oferta e com ainda muita procura, criando atritos políticos.

Partindo dessa crise do petróleo, questões de eficiência energética e conservação de energia começaram a ser discutidos no mundo (Dixon *et al.*, 2010). E o Brasil começou a realizar ações de incentivo à eficiência energética na década de 1980 (Geller *et al.*, 2004). Desde então, muito tem realizado com relação ao assunto, com a criação de decretos, incentivos, leis e de órgãos governamentais. Pode-se citar, como exemplo, os programas CONPET (Programa Nacional de Racionalização de uso de derivados de Petróleo e Gás Natural) e o PROCEL (Programa Nacional de Eficiência Energética).

A *National Footprint and Biocapacity Accounts* (NFAs) é responsável por fornecer dados referente às pegadas ecológicas que a humanidade deixa no planeta. A NFAs em conjunto com a universidade de York e a *Footprint Data Foundation* (FODFA) realizam anualmente o cálculo que diz qual o dia de sobrecarga da terra, que é a data em que a demanda ecológica e de serviços da humanidade superam a capacidade da terra de se regenerar no ano, e a partir daquele dia entra-se em débito com o planeta. No ano de 2022 foi no dia 28 de julho.

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) relata em seu relatório “Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 ano base 2020” que em 2020, o setor industrial brasileiro é o que apresentou maior consumo em GWh por ano de energia elétrica, conforme dados apresentados na Figura 1. Porém, apesar de ser o maior consumidor, as indústrias não apresentaram um crescimento significativo em seu consumo anual, conseguindo manter uma média, o que mostra que existe uma boa margem de melhoria, com uma boa gestão de energia.

Figura 1 - Consumo elétrico em GWh por setor de 2016 até 2020.

	2016	2017	2018	2019	2020	Δ% (2020/2019)	Part. % (2020)	
Brasil	461.780	467.161	474.820	482.226	475.648	-1,4	100,0	Brazil
Residencial	132.872	134.369	137.615	142.781	148.173	3,8	31,2	Residential
Industrial	165.314	167.398	169.625	167.684	166.335	-0,8	35,0	Industrial
Comercial	87.873	88.292	88.631	92.075	82.522	-10,4	17,3	Commercial
Rural	27.267	28.136	29.168	28.870	30.908	7,1	6,5	Rural
Poder público	15.096	15.052	15.076	15.752	12.764	-19,0	2,7	Public Sector
Iluminação pública	15.035	15.443	15.690	15.850	15.463	-2,4	3,3	Public Lighting
Serviço público	14.969	15.196	15.778	15.958	16.345	2,4	3,4	Public Service
Próprio	3.355	3.277	3.238	3.257	3.138	-3,7	0,7	Own Use

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2021).

Ainda de acordo com dados do anuário estatístico de energia elétrica da EPE (2021) foram produzidos 621 TWh, o que em relação ao ano de 2019 significa uma queda 0,8% no total. Os maiores impactos foram na geração a carvão (-22,1%), nuclear (-12,9%) e gás natural (-11,1%), e a geração hidráulica também sofreu queda de 0,4%. A grande maioria das fontes de energia apresentaram queda na sua geração com exceção dos seguintes: energia solar (+61,1%), derivados do petróleo (+9,1%), biomassa (+6,7%) e eólica (+1,9%). Com essas fontes de energia apresentando crescimento, ocasionou um aumento em sua participação na matriz energética nacional como é possível observar na Figura 2.

Figura 2 – Geração elétrica por fonte no Brasil (GWh) de 2016 até 2020.

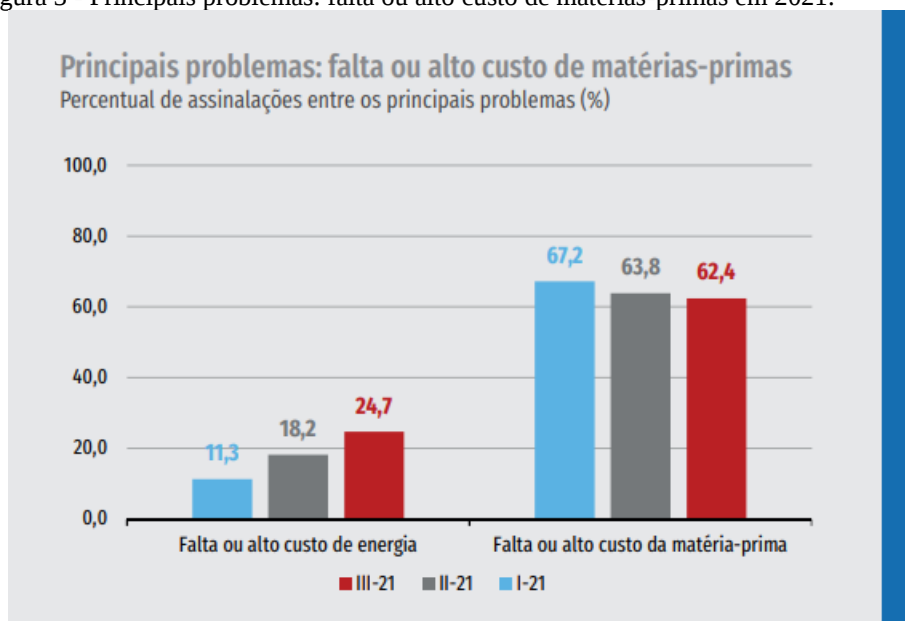
	2016	2017	2018	2019	2020	Δ% (2020/2019)	Part. % (2020)	
Total	578.898	587.962	601.396	626.324	621.219	-0,8	100,0	Total
Hidráulica (i)	380.911	370.906	388.971	397.877	396.381	-0,4	63,8	Hydraulics (i)
Gás Natural	56.550	65.591	54.295	60.188	53.515	-11,1	8,6	Natural Gas
Derivados de Petróleo (ii)	12.207	12.911	10.293	7.846	8.556	9,1	1,4	Petroleum Products (ii)
Carvão	17.001	16.257	14.204	15.327	11.946	-22,1	1,9	Coal
Nuclear	15.864	15.739	15.674	16.129	14.053	-12,9	2,3	Nuclear
Biomassa (iii)	49.236	49.385	51.876	52.111	55.613	6,7	9,0	Biomass (iii)
Eólica	33.489	42.373	48.475	55.986	57.051	1,9	9,2	Wind
Solar	85	831	3.461	6.651	10.717	61,1	1,7	Solar Power Plants
Outras (iv)	13.554	13.968	14.147	14.210	13.387	-5,8	2,2	Others (iv)

Fonte: Anuário Estatístico de Energia Elétrica (2021).

De acordo com uma pesquisa feita pela Confederação Nacional da Indústria (CNI, 2021) relacionada ao 3º bimestre de 2021, 62,4% das empresas citam problemas com matérias-primas e que o custo desses insumos passou a ser uma preocupação, pois excedeu uma média histórica.

Com a pandemia houve um impacto muito grande nas cadeias produtivas, o que ocasionou uma diferença nos números de *containers* disponíveis, pois muitas indústrias compraram um grande estoque com medo de perder seus produtos (SOLDAGEM INDUSTRIAL, 2021). A Figura 3 é um dado trazido pela mesma pesquisa mencionada anteriormente da CNI, revelando quais os impactos em porcentagem da falta ou alto custo da matéria prima e da energia em seus processos, e mostra que o no ano de 2021 o impacto causado pela falta ou custo elevado de matéria-prima é significativo e maior do que a de energia elétrica.

Figura 3 - Principais problemas: falta ou alto custo de matérias-primas em 2021.



Fonte: Sondagem Industrial, CNI, (2021)

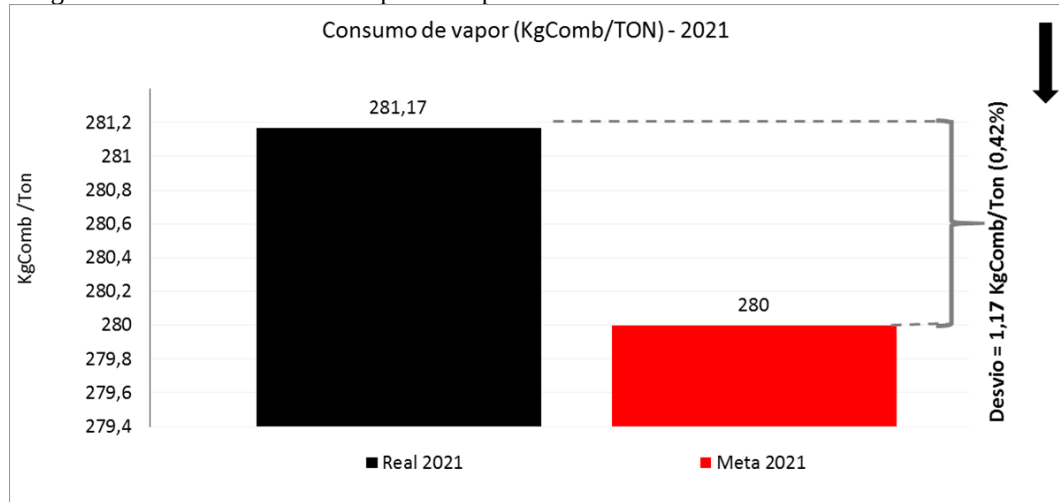
Dados disponibilizados pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) com relação à Pesquisa Industrial Anual Empresa (PIA – Empresa) relata que em 2018 o Brasil possuía aproximadamente 1.100 abatedouros de carne bovina, 646 suínas e 280 de aves totalizando assim 2.026 abatedouros. Tendo como base os dados de consumo coletados em um frigorífico de aves para este trabalho, estima-se o consumo médio aproximado de 55.787,28 m³ de lenha por ano (Fonte própria).

Devido ao aumento de consumo de energia nas indústrias, além dos programas de incentivo, há várias ações específicas de melhoria em motores, bombas, compressores e processos. Em função disso, será realizada uma análise no sistema de vapor em uma indústria frigorífica, buscando diminuir o consumo de lenha do processo, tendo como base o ciclo PDCA. O ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) utiliza uma metodologia de melhoria contínua de processos utilizando 4 etapas:

1. *Plan* (Planejar): O primeiro passo do ciclo é o planejamento, aqui é preciso onde elabora-se um plano (com base nas políticas da empresa e histórico do problema) para resolver os problemas encontrados, estabelecendo os objetivos, definindo a equipe a ser utilizada e levantando os indicadores necessários para se observar o comportamento do problema. Esta etapa costuma ser a mais demorada, e um bom planejamento evita perda de tempo, falhas e retrabalhos;
2. *Do* (Fazer): Nesta etapa se executa tudo o que foi planejado, com mudanças de sistemas, treinamentos dos envolvidos, troca de maquinário e tudo que foi estipulado na etapa anterior;
3. *Check* (Verificar): O terceiro passo é feito a análise dos resultados obtidos até o momento, observando o comportamento dos indicadores. O objetivo dessa etapa é a verificação de problemas com o que foi planejado e o que foi executado;
4. *Act* (Agir): A última etapa da metodologia, realiza-se medidas corretivas necessárias, que foram encontradas na fase de verificação. Depois de realizada todas as ações necessárias, o ciclo será contínuo com a ideia de que sempre existe como melhorar um processo, por isso denomina-se melhoria continua.

A situação na indústria em pesquisa é que no ano de 2021 o indicador referente ao consumo de lenha (kgComb) e peso do frango produzido (t.) apresentou um desvio de 1,17 kgComb/t. em relação à meta estipulada para o mesmo ano, o equivalente a 0,42% sendo representado na Figura 4.

Figura 4 - Meta e consumo de vapor atual para o ano de 2021 na unidade abatedoura em estudo



Fonte: Autor, 2022

1.1 Objetivo Geral

Analisar o consumo de energia no sistema de vapor de uma indústria frigorífica e propor ações de eficiência energética.

1.2 Objetivo Específico

- Verificar o sistema de vapor em uma indústria frigorífica de abate de frangos;
- Definir e obter indicadores de avaliação energética em sistema de vapor em indústria frigorífica;
- Identificar ações de efficientização energética em sistema de vapor em indústria frigorífica;
- Validar as ações de efficientização energética em indústria frigorífica de abate de frangos.

1.3 Justificativa

As caldeiras são equipamentos importantes na indústria alimentícia, pois geram energia térmica para suprir inúmeras necessidades e para isso utilizam elevada quantidade de combustível sólido, líquido ou gasoso.

Esta quantidade de combustível pode representar uma parte considerável dos gastos de uma empresa, por isso a eficiência energética nas caldeiras é importante. Dentre os combustíveis utilizados, a biomassa vem sendo a mais comum, por ser uma fonte renovável e

devido aos altos custos dos derivados do petróleo e do óleo. Entretanto, para se utilizar biomassa há necessidade de uma análise criteriosa de sua composição, das diferentes formas físicas e do teor de umidade, que podem afetar o desempenho das caldeiras.

Observa-se que a eficiência energética é a relação entre a quantidade de energia fornecida (energia útil disponibilizada) com àquela que é disponível para o processo (energia total consumida). No caso do sistema de vapor significa a relação entre a quantidade de vapor gerado, levando-se em consideração a descarga de fundo e de água de alimentação, com a quantidade de energia consumida pelo combustível utilizado. Com isso, é possível concluir que nunca se obterá 100% de eficiência, sempre existindo perdas para o sistema, e de acordo com Gilman (2010) os modelos mais eficientes de caldeiras possuem até 90% de eficiência, mas em uma média geral variam entre 65% a 75% (GILMAN *et al.*, 2010.).

Valores de rendimentos, como os mencionados anteriormente, significam no sentido figurativo da palavra “queimar dinheiro”, com ele “saindo pela chaminé”. Para o mercado competitivo atual, onde cada centavo é importante para agregar valor ao seu produto, uma gestão eficaz e com alta capacidade de solução de problemas, poderá em seu sistema de vapor evitar perdas financeiras.

As empresas devem investir na adequada produção, reduzindo as perdas desnecessárias, trabalhando no mais alto rendimento, melhorando performance e trazendo além de um produto mais competitivo, o reconhecimento ambiental que é muito importante para a atual situação global. Focar em eficiência energética do sistema de vapor traz benefícios para a empresa (diminuindo os gastos em insumos e melhoria no desempenho do sistema de vapor), para o meio ambiente (diminuindo a quantidade de recurso natural utilizado e menor emissão de gases nocivos ao ambiente).

O ano de 2020 marcou o mundo com a pandemia do COVID-19, e por conta disto houve um aumento exponencial no preço das matérias-primas e fontes de energia (Soldagem Industrial, 2021) sendo necessário um alto investimento em pesquisas para aumentar a eficiência energética de todas as fontes de energia.

Em função desse contexto, essa pesquisa foi desenvolvida com o intuito de trazer benefícios para a operação de qualquer tipo de indústria que utilizam sistema de vapor, tendo impacto na otimização de seus processos de operação, para crescimento profissional de qualquer interessado no funcionamento e otimização dos processos. Também, auxilia diretamente na missão de consumo e produção responsáveis dos ODS (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) da ONU.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo é apresentado uma pesquisa tanto qualitativa quanto quantitativa analisando os trabalhos publicados como conclusão de curso, artigos ou revistas especializadas com o tema relacionado ao deste trabalho.

A pesquisa foi realizada na plataforma de periódicos CAPES em inglês e em português sem filtro temporal.

As palavras chaves utilizadas na primeira busca foram:

- “eficiência energética + caldeira + aves”;
- “eficiência energética + caldeira + frigorífico”;

O resultado da 1ª busca é analisado na Tabela 1 onde é possível observar a pequena quantidade de material disponível nos dois idiomas buscados gerando um total de 842 trabalhos.

Tabela 1 - Resultados da pesquisa por palavras chaves

Palavras chaves utilizadas	Resultados
Eficiência Energética + Caldeira + Frigorífico	8
Eficiência Energética + Caldeira + Aves	12
<i>Energy Efficiency + Boiler + Cold Meat Industry</i>	146
<i>Energy Efficiency + Boiler + Poultry</i>	676
TOTAL	842

Fonte: Autor, 2022.

Com essa primeira busca de artigos, conforme filtro, houve uma quantidade expressiva de artigos, entretanto, ao analisá-los, percebeu-se que muitos destes materiais não apresentavam relação direta com o tema de pesquisa de proposto. Todos estes 842 artigos foram obtidos, verificado o título e resumo e, dessa forma, constatou-se que apenas 7 deles eram relevantes para a pesquisa, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Total de publicações por fase de pesquisa bibliométrica

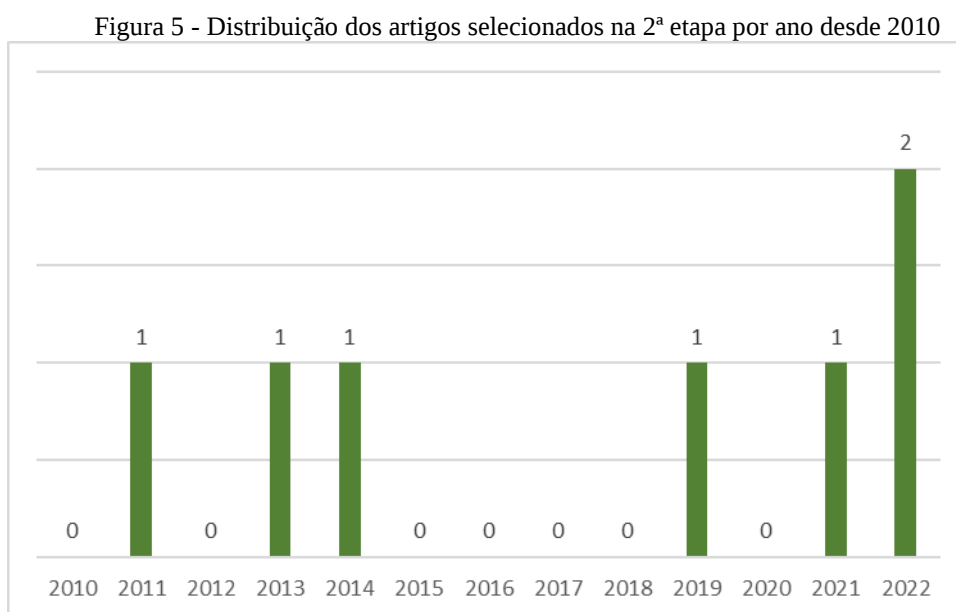
Etapas de pesquisa	Resultados
1ª Etapa	831
2ª Etapa	7

Fonte: Autor, 2022.

Todos os artigos selecionados na 2ª etapa estão na língua inglesa, tendo a sua grande maioria origem na Ásia e Europa.

2.1 Resultados da busca bibliométrica

Apesar de não ter sido feito um filtro temporal na 1ª etapa de busca de materiais, para a 2ª etapa foram selecionados somente artigos após 2010 e sendo mais presentes no ano de 2022 como é possível analisar na Figura 5.



Fonte: Autor, 2022.

O fato de ter mais publicações partindo do ano de 2021 é devido à pandemia do COVID-19 ter desencadeado uma necessidade expressiva de redução e otimização de gastos. E uma vez que os insumos e as fontes de energia sofreram aumentos significativos nos custos para as empresas, estes foram alvos de grande investimento para pesquisa e desenvolvimento.

Sobre os artigos selecionados é importante mencionar:

Clark e Cooper (2011), apresentam uma maneira de utilizar penas, fezes e outros resíduos que ficam nas camas das aves (local onde as aves ficam quando são colocadas para engorda, normalmente feitas de feno, palha, areia e alguns outros materiais, que a ajudam manter a cama seca) durante o período de crescimento, como combustível para a caldeira. Como resultado obtiveram 22.000 de libras esterlinas de economia na conta de eletricidade anual. Por mais que tenha havido essa economia utilizando a caldeira, não é possível aplicar na indústria essa experiência.

Zang, *et al.* (2019), realizaram um estudo mostrando a eficiência energética gerada pela queima dos gases da decompostagem das aves para gerar energia. Os resultados mostram que

a eficiência energética do sistema de secagem de aves é de 14,5%, sendo 12% menor que a do sistema de gaseificação de aves quando a energia das aves é contabilizada como insumo energético. Assim como o trabalho de Clark e Cooper (2011), o trabalho é mais relacionado ao resíduo a ser eliminado depois do processo de criação das aves, o que não agrega informação para este trabalho.

Balsom (2014), apresenta de forma genérica maneiras de aumentar a eficiência energética de frigoríficos, como escolher o melhor método de fornecimento de energia elétrica, utilização de caldeiras a biomassa, placas solares e outros. Fazendo uma pesquisa quantitativa o autor busca as maneiras de forma genérica que empresas abordam para aumentar a eficiência energética. Este trabalho superficialmente aborda pontos de melhora em eficiência energética, não possui como foco as caldeiras, apesar de mencionar brevemente que caldeiras de biocombustíveis tem um impacto positivo no meio ambiente.

Philipp (2021), propõe a reutilização da água utilizada nos processos do frigorífico de aves depois de um tratamento bioquímico. O tratamento de água residual para reutilização no processo pode ser alcançado em teoria, bem como em experimentos de laboratório comparáveis, mas isto não gera nenhum impacto neste trabalho.

Alqdah (2013) apresentam um estudo de casos em um frigorífico mostrando os ganhos energéticos que obteriam com a instalação de um economizador, utilização de combustível líquido na caldeira, resolvendo vazamentos de ar comprimido, troca de lâmpadas e outros métodos. Da mesma maneira que Balsom (2014), este trabalho cita de maneira geral formas de economizar na indústria, não focando somente em caldeiras e o que menciona não aborda informações mais aprofundadas e necessárias sobre caldeiras, para esse trabalho.

Oliveira (2022), mostra um possível *retrofit* (mudar equipamentos antigos por novos com melhor desempenho para alguma função) a ser aplicado no sistema de utilização de água e energia de uma indústria europeia de aves. Neste trabalho, uma abordagem inovadora para a melhoria simultânea do uso de água e energia é proposta com base nos princípios de integração de processos e *retrofit* de sistemas, apesar da melhora obtida com o trabalho não afeta o sistema de vapor.

Kowalski (2022), estuda a energia gerada utilizando restos de carne e ossos como biocombustível para um abatedouro polonês de aves. O encerramento da central de aquecimento a carvão elimina o consumo de 44.000 toneladas/ano de carvão e a necessidade de pagar licenças de emissão de CO₂ que equivale a mais de 5.588 milhões de euros/ano. A

proposta poderia ser aplicada ao estudo caso, se houvesse algum resto para utilizar que não fosse comercializado pela indústria, portanto não pode ser levado em consideração.

A Tabela 3 apresenta considerações sobre o que os trabalhos analisados podem contribuir com o trabalho atual em desenvolvimento.

Tabela 3 - Trabalhos que contribuíram com o desenvolvimento do projeto.

<i>Nome do Trabalho</i>	<i>Ano</i>	<i>Local</i>	<i>O que pode ser utilizado na atual pesquisa</i>
<i>Biomass boilers ready to turn litter into a profit</i>	2011	Inglaterra	Por mais que houvesse uma economia utilizando a caldeira, não é possível aplicar na indústria essa experiência.
<i>Clean Poultry Energy System Design Based on Biomass Gasification Technology: Thermodynamic and Economic Analysis</i>	2019	USA	O trabalho é mais relacionado ao resíduo a ser eliminado depois do processo, o que não agrega informação para este trabalho.
<i>Make your energy work for you</i>	2014	USA	Este trabalho superficialmente aborda pontos de melhora em eficiência energética, não possui como foco em caldeiras apesar de mencionar brevemente que caldeiras de biocombustíveis tem um impacto positivo no meio ambiente.
<i>Slaughterhouse Wastewater Treatment: A Review on Recycling and Reuse Possibilities</i>	2021	Suíça	O tratamento de água residual para reutilização no processo pode ser alcançado em teoria, bem como em experimentos de laboratório comparáveis, mas isto não gera nenhum impacto neste trabalho
<i>Prospects of energy savings in the national meat processing factory</i>	2013	Arabia Saudita	Este trabalho cita de maneira geral formas de economizar na indústria, não focando somente em caldeiras e o mencionado é superficial para caldeiras
<i>Review on Water and Energy Integration in Process Industry: Water-Heat Nexus</i>	2022	Suíça	Neste trabalho, uma abordagem inovadora para a melhoria simultânea do uso de água e energia é proposta com base nos princípios de integração de processos e <i>retrofit</i> de sistemas, apesar da melhora obtida com o trabalho não afeta o sistema de caldeiras.
<i>Sustainable Systems for the Production of District Heating</i>	2022	Polônia	A proposta poderia ser aplicada ao estudo caso houvesse algum resto para utilizar que não fosse

<i>Using Meat-Bone Meal as Biofuel: A Polish Case Study</i>			comercializado pela indústria, portanto não pode ser levado em consideração.
---	--	--	--

Fonte: Autor, 2022.

É facilmente notável a escassez de artigos sobre a otimização do consumo de combustível de caldeiras, em frigoríficos de aves a nível internacional. Como levantado pela busca bibliométrica, devido à crise desencadeada pelo COVID-19 investimentos estão sendo aplicados em eficiência energética no mundo e boas práticas e usos são muito bem-vindos neste momento.

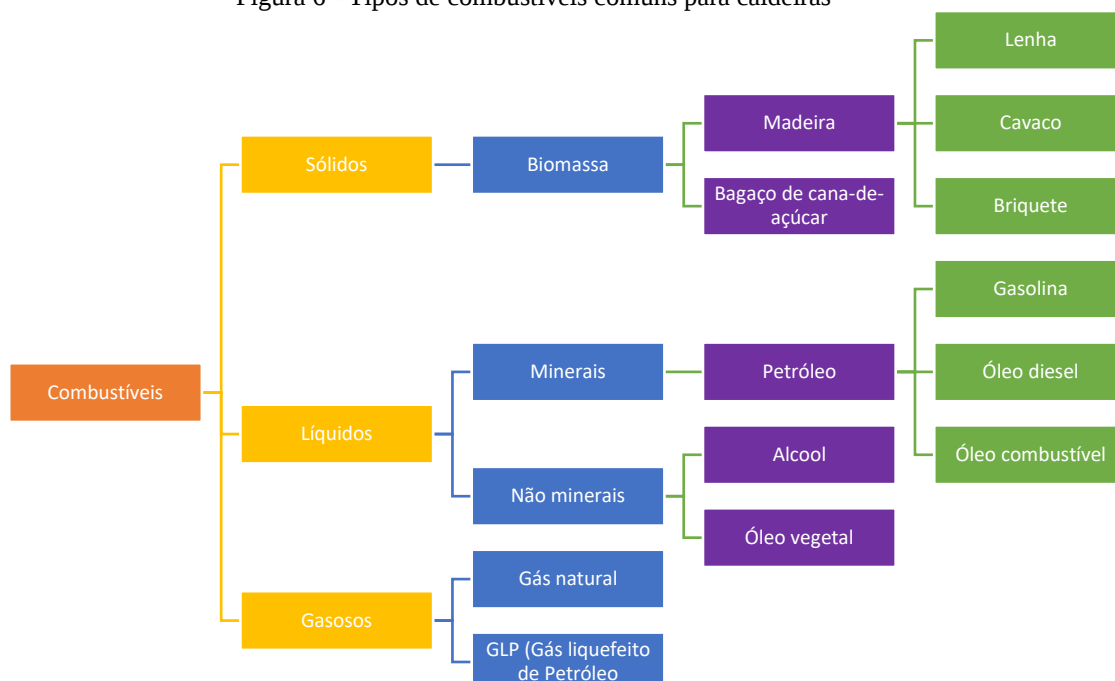
3 REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Neste capítulo serão apresentadas informações teóricas relacionadas à geradores de vapor e sobre eficiência energética no sistema, bem como informações sobre o funcionamento das caldeiras que utilizam gasogênio como combustível. O objetivo de se apresentar esses conceitos teóricos e facilitar ao leitor que não tem muito conhecimento a respeito de caldeira, mas tem interesse pelo tema, acompanhar melhor a metodologia desenvolvida e os resultados que serão apresentados.

3.1 Combustíveis

A função principal da caldeira é a produção de vapor e para isso acontecer é necessário um combustível, podendo ser sólido, líquido ou gasoso. Cada tipo de combustível fornece um desempenho específico podendo ser comparado à um veículo que utiliza álcool e gasolina. O que determina qual combustível seria o melhor vai depender da necessidade de produção e processo. De uma maneira geral a Figura 6 representa os tipos de combustíveis utilizados nas caldeiras dentro das categorias de estados físicos.

Figura 6 - Tipos de combustíveis comuns para caldeiras



Fonte: Autor, 2022.

3.1.1 Combustíveis líquidos

Classificados como minerais ou não minerais, os combustíveis líquidos têm sua utilização reduzida por conta dos preços que tem se elevado, mas ainda é muito encontrado em caldeiras industriais.

O óleo diesel é derivado do petróleo, no setor industrial é mais utilizado em geradores de energia do que em caldeiras devido ao seu preço. Óleos combustíveis são utilizados principalmente no aquecimento de caldeiras, mas algumas caldeiras aceitam a alimentação mista de combustível sendo usado juntamente com um combustível sólido (LORENSETTI, 2020).

3.1.2 Combustíveis gasosos

Similarmente aos combustíveis líquidos, os gasosos também podem ser separados em mineiras e não minerais, os mais utilizados e conhecidos são o gás natural e o GLP.

O gás natural é um combustível não renovável encontrado na natureza que oferece uma queima mais limpa, em questão de gases liberados pós combustão, comparado a outros gases e um bom rendimento térmico e eficiência. O GLP é produzido por meio de uma mistura de hidrocarbonetos, ele oferece um alto poder calorífico (quantidade de energia interna) e também baixo impacto ambiental.

3.1.3 Combustíveis sólidos

Os tipos sólidos são atualmente os mais utilizados nas caldeiras e os que mais crescem no setor industrial, com muitas indústrias migrando para eles, uma vez que são renováveis e possuem alta disponibilidade, ainda mais no Brasil que possui grande potencial de reflorestamento. O maior e mais importante combustível sólido é a biomassa apresentando diferentes formas e características como os derivados da madeira e da cana-de-açúcar.

De acordo com Lorenzetti (2020) a biomassa foi considerada o combustível do futuro por ser uma fonte renovável, e a indústria consegue gerar uma boa quantidade de energia emitindo menos gases nocivos à atmosfera, com baixo custo de compra em comparação com os líquidos e gasosos e proporcionando um melhor custo benefício.

Os tipos de biomassa mais utilizadas são:

- Lenha: toras de madeira;
- Cavaco: pequenos pedaços de madeira triturados;

- Briquete: bloco compacto de formato cilíndrico composto de resíduos de madeira;
- Bagaço de cana-de-açúcar: resíduo que resulta da extração do caldo da cana-de-açúcar.

3.2 Combustão

A combustão é um processo químico que um combustível reage com o oxigênio e libera energia térmica a altas temperaturas, podendo ser completa (formando dióxido de carbono (CO_2) e água) quando existe quantidade de oxigênio (O_2) suficiente e incompleta (gerando monóxido de carbono (CO) e água) quando o oxigênio não é suficiente (GARCIA, 2002).

Buscando o maior rendimento da combustão é preciso atender às necessidades do sistema de forma econômica, adicionando as proporções corretas dos componentes da combustão (SERFATY, 2007).

3.2.1 Calor

Calor (Q) é o nome dado a forma de energia térmica que transita de um corpo com temperatura mais elevada para um de temperatura mais baixa, quando não existe diferença de temperatura denomina-se equilíbrio térmico e não existe trânsito de calor.

O calor pode ser dividido em calor latente (L) e sensível ou específico (c). O calor específico é a quantidade de calor que um grama de uma determinada substância precisa para que haja a variação de um grau de temperatura, o calor latente é o calor fornecido para que mude o estado físico de uma substância.

3.2.2 Poder calorífico

Por definição poder calorífico é a quantidade de energia ou calor produzido pela combustão completa de uma substância (SILVA e SILVA, 2008). A medição da energia em combustíveis não é feita de forma precisa, mas existe uma relação feita em ambiente controlado que serve como fonte de dados como mostrado na Tabela 4, notando que a lenha é medida por kcal/m^3 ao invés de kcal/kg por conta das irregularidades da lenha.

Tabela 4 - Poder calorífico de substâncias

Substância	Poder calorífico
Álcool	7.170 kcal/kg
Bagaço da cana (50% de umidade)	2.130 kcal/kg
Briquete	4.800 kcal/kg
Carbono	8.140 kcal/kg
Cavaco	2.500 kcal/kg
Gás natural	9.400 kcal/kg
Gasolina	10.989 kcal/kg
GLP	10.800 kcal/kg
Hidrogênio	28.700 kcal/kg
Lenha – Eucalipto (20% a 40% de umidade)	10980 kcal/m ³
Óleo diesel	10.200 kcal/kg
Óleo vegetal	9.700 kcal/kg

Fonte: Adaptado de ARRUDA, 2009.

3.3 Tipos de geradores de vapor

Na prática alguns nomes são adotados para diferenciar os tipos de geradores de vapor de acordo com a sua funcionalidade, são eles:

1. Caldeiras de Vapor que são os geradores de vapor mais simples e conhecidos, e são os que queimam algum tipo de combustível como fonte geradora de calor;
2. Caldeiras de Recuperação são os geradores que não fazem uso dos combustíveis como fonte e calor, eles fazem uso do reaproveitamento de calor dos processos industriais;
3. Caldeiras de Água Quente são as que não vaporizam a água na troca de calor, sendo utilizado ainda em fase líquida;
4. Geradores Reatores Nucleares são os geradores que produzem o vapor fazendo uso de combustíveis nucleares.

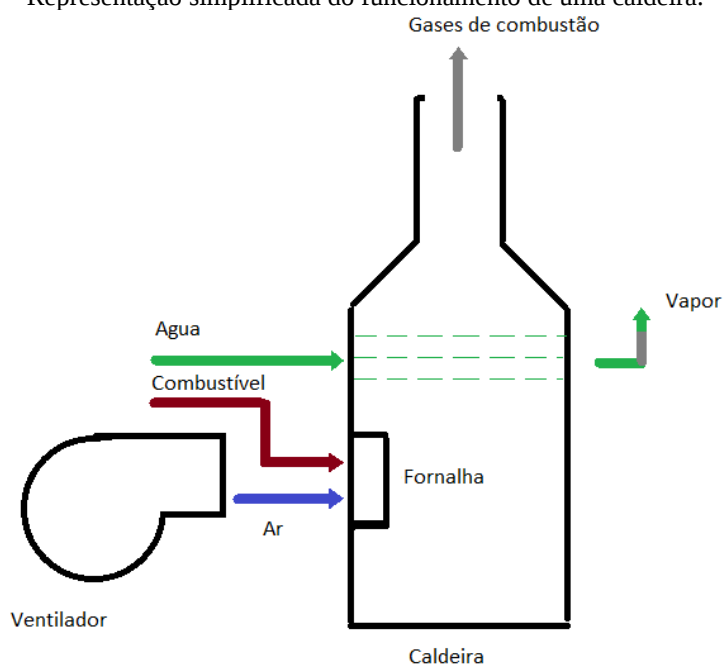
3.4 Caldeiras a vapor

O gerador de vapor ou a caldeira como também é conhecida são equipamentos que

convertem água em estado líquido para vapor saturado ou superaquecido por meio da queima de combustível (sólido, líquido ou gasoso) (TEIR, 2003). Esses equipamentos operam com pressões acima da pressão atmosférica podendo chegar de 20 vezes ou até 250 vezes no setor industrial (ALTAFINI, 2002).

A Figura 7 é uma representação simplificada do funcionamento de uma caldeira, onde na entrada o combustível se mistura com o ar e uma fonte de calor, para gerar a combustão dentro da fornalha. Estes trocam calor com o sistema de água por meio da superfície de transferência de calor e tem-se como saída os gases de combustão, as cinzas e o vapor (BEGA, 1989).

Figura 7 – Representação simplificada do funcionamento de uma caldeira.



Fonte: autor, 2022.

De acordo com a NR-13, as caldeiras a vapor são equipamentos cujo propósito é a produção e o acúmulo de vapor, com pressão superior à atmosférica, podendo fazer uso de qualquer fonte de energia e projetados de forma segura, conforme os códigos e padrões relacionados.

“Para efeito da NR-13, serão considerados, como “caldeiras” todos os equipamentos que simultaneamente geram e acumulam vapor de água ou outro fluido. Unidades instaladas em veículos como caminhões e navios deverão respeitar a esta Norma Regulamentadora nos itens que forem aplicáveis e para os quais não exista normalização ou regulamentação mais específica”

3.5 Tipos de caldeira a vapor

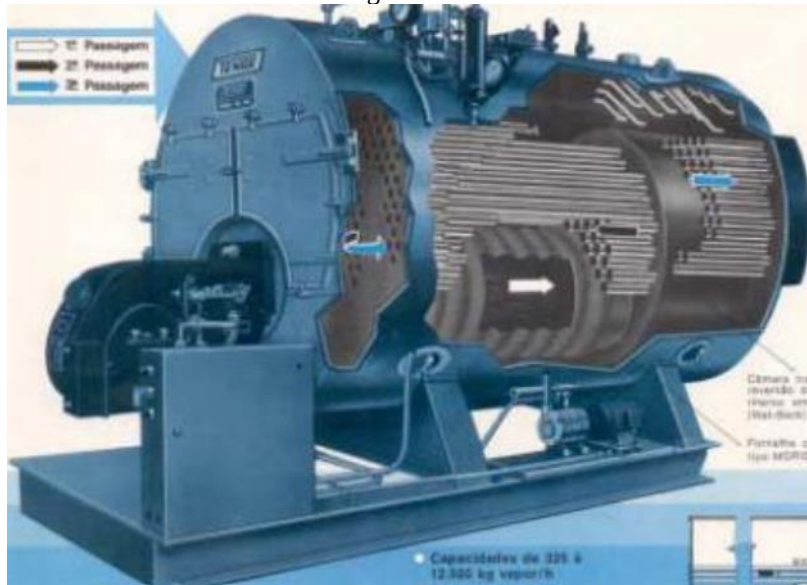
De uma maneira geral as caldeiras ser classificadas de acordo com suas características como:

- de acordo com a passagem relativa do vapor e da água podendo ser aquatubulares, flamotubulares ou mistas;
- quanto a forma de energia empregada: combustível sólido, combustível líquido, combustível gasoso, elétrica ou de recuperação;
- quando a sua montagem: pré-montadas ou montadas em campo;
- quanto a pressão: alta (60 kgf/cm² ou mais), média (22 a 39 Kgf/cm²) ou baixa (6 a 16 Kgf/cm²)
- quanto a categoria (de acordo com a norma NR-13): categoria “A” (pressão de operação é igual ou superior a 1960 kPa (19,98 kgf/cm²)), categoria “C” (pressão de operação é igual ou inferior a 588 kPa (5,99 kgf/cm²)) e o volume é igual ou inferior a 100 litros, categoria “B” são todas as caldeiras que não se enquadram nas categorias anteriores.

3.5.1 Caldeiras flamotubulares

Caldeiras flamotubulares são aquelas em que a combustão dos gases ocorre por dentro dos tubos que percorrem a caldeira, a água e vapor passam pelo lado de fora dos tubos e as extremidades dos tubos são presos nos espelhos que são chapas planas. Por causa de seu *design*, as partes internas absorvem uma pressão muito alta e inviabiliza a utilização de um material mais denso e resistente, portanto este tipo de caldeira é para operar com pressões limitadas. A Figura 8 representa uma caldeira do tipo flamotubular.

Figura 8 - Caldeira flamotubular



Fonte: Bizzo, 2003.

Essas caldeiras podem operar com vários tipos de geradores, no caso do Brasil as caldeiras que usam lenha ou cavaco como fonte de alimentação são muito escolhidas (Bazzo, 1995). Segundo Gilman, o rendimento energético deste tipo de caldeira fica perto de 85% quando em boas condições de operação (GILMAN, 2010).

3.5.2 Caldeiras aquatubulares

Caldeiras aquatubulares são os geradores de vapor que trabalham de forma oposta às flamotubulares, os gases de combustão circularem pelo lado de fora dos tubos, e do lado de dentro fica a água e o vapor (ALTAFINI, 2002). A Figura 9 representa a caldeira aquatubular, neste modelo a água é distribuída por uma grande quantidade de tubos, onde por fora entra em contato com os gases em combustão e garantem uma eficiente evaporação e circulação da água. A caldeira aquatubular possui maior empregabilidade e pode alcançar pressões maiores por permitir maiores espessuras em seus tubos.

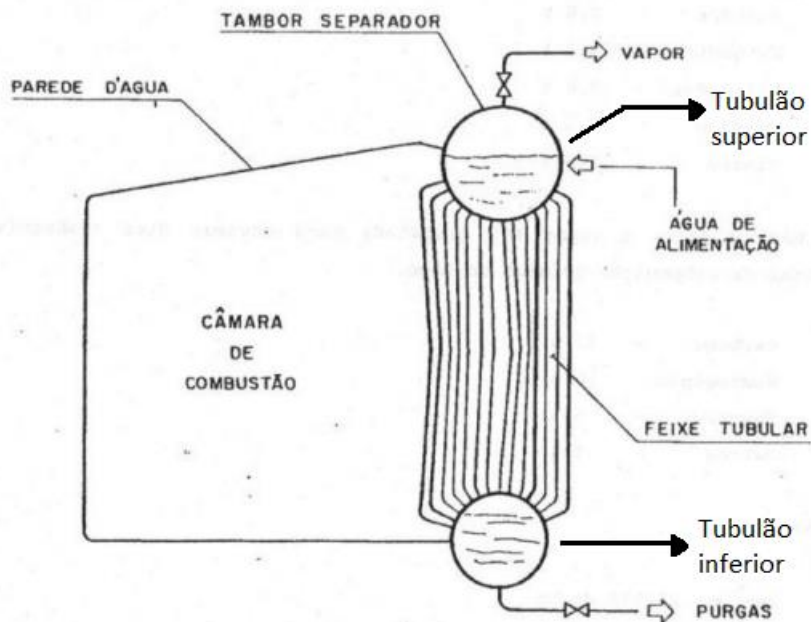
Figura 9 - caldeira aquatubular



Fonte: Brumazi (2013).

Importante saber que as caldeiras aquatubulares tem as tubulações de produção de vapor interligada por dois ou reservatórios cilíndricos chamados tubulões como exemplificado na Figura 10, onde dentro do tubulão superior ocorre a separação de líquido e vapor e no inferior tem se a purga dos sólidos (BIZZO, 2003). A eficiência das caldeiras aquatubulares varia entre 80 e 90% em boas condições de operação (GILMAN, 2010).

Figura 10 - Funcionamento simplificado caldeira aquatubular



Fonte: Modificado de Bazzo (1995)

3.6 Caldeira a gasogênio

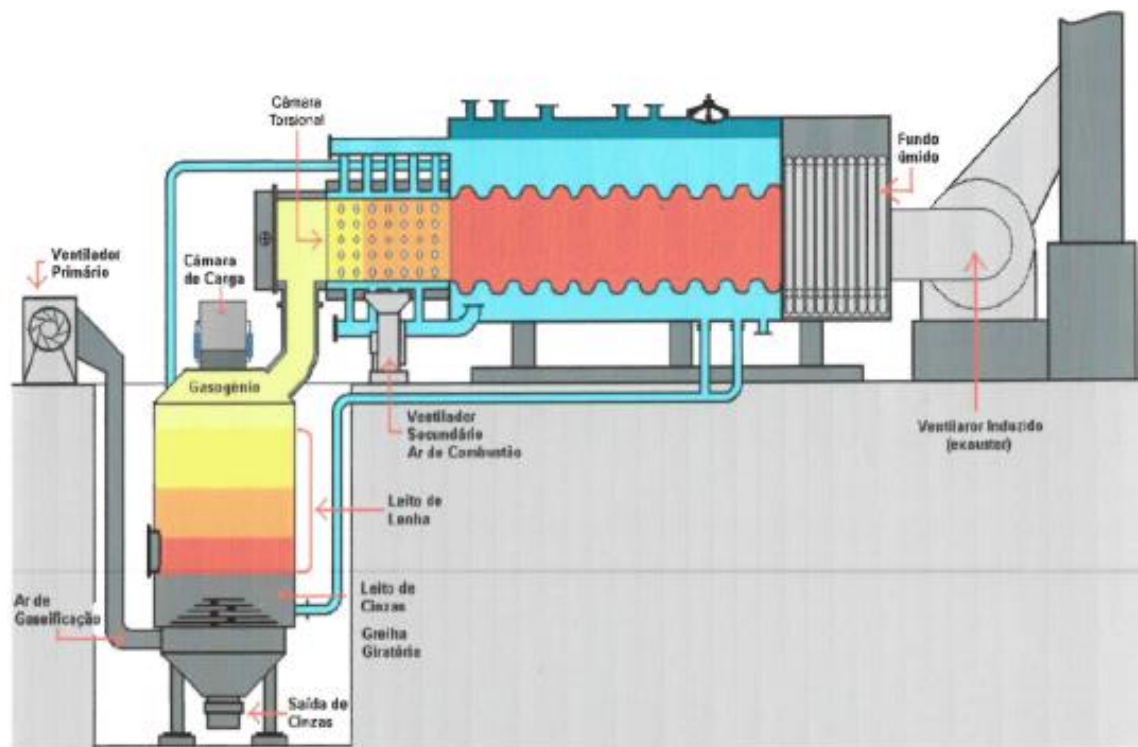
O gasogênio tem como função básica a geração de gás de lenha combustível, o qual é posteriormente queimado para a geração de vapor. Neste tipo de gerador, portanto a madeira se submete a um processo de gasificação, que faz com que a madeira libere gases com alta porcentagem de CO que ao entrar em contato com ar produzem a combustão. Portanto mesmo utilizando a lenha como alimentação o combustível para a caldeira é de forma gasosa.

3.6.1 Componentes da caldeira a gasogênio

A caldeira gasogênio utiliza de certos componentes para a geração do gás de lenha combustível. Seguindo o fluxo da esquerda para a direita da Figura 11:

1. Ventilador primário ou de gasificação: tem a função de fornecer o ar para o processo de gasificação;
2. Grelha giratória: quatro discos escalonados e um cone na parte inferior do gasogênio que tem a função de assegurar a correta evacuação de cinzas. Fica em constante movimentação;
3. Leito de cinzas: camada de aproximadamente 30 cm de cinzas que garante o isolamento térmico da grelha;
4. Leito de lenha: Durante 30 a 60 minutos após o arranque, o gasogênio funciona como câmara de combustão até que se forme uma camada de carbono em sua etapa de gasificação e combustão;
5. Câmara de carga: válvula rotativa de eixo horizontal que permite a alimentação de lenha garantindo a mínima entrada de ar;
6. Câmara torsional: acoplada diretamente à fornalha da caldeira, tem a função de mesclar o ar combustível com o gás combustível e gerar a combustão;
7. Ventilador secundário: tem a função de fornecer o ar para o processo de combustão do gás da lenha;
8. Fundo úmido: corpo tubular formado por dois coletores e tubos aletados formando uma parede com membrana;
9. Ventilador induzido: estabelece a tiragem na chaminé, absorvendo a perda de carga dos gases.

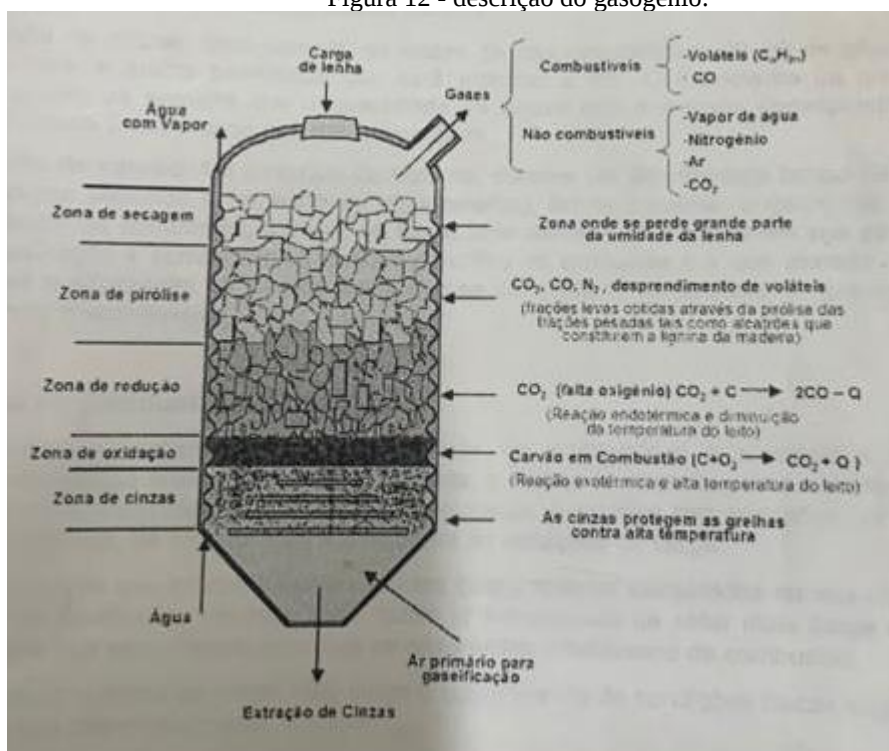
Figura 11 - Componentes da caldeira a gasogênio.



Fonte: Prontuário caldeira Berkes, 2005

Dentro do gasogênio o leito de lenha é dividido em zonas, conforme Figura 12, começando pela zona de cinzas que são as que protegem a grelha giratória, depois existe a zona de oxidação que onde se encontra o carvão ainda em combustão, a zona de redução que é uma zona com pouco oxigênio o que ocasiona em uma combustão incompleta, a zona de pirólise que é onde acontece o desprendimento dos gases para combustão, e a zona de secagem onde a lenha é jogada pela câmara de carga.

Figura 12 - descrição do gasogênio.



Fonte: Prontuário caldeira Berkes, 2005

3.7 Componentes da caldeira a vapor

Os componentes padrões de caldeira são os mencionados na Tabela 5, junto com suas finalidades dentro do processo de geração de vapor.

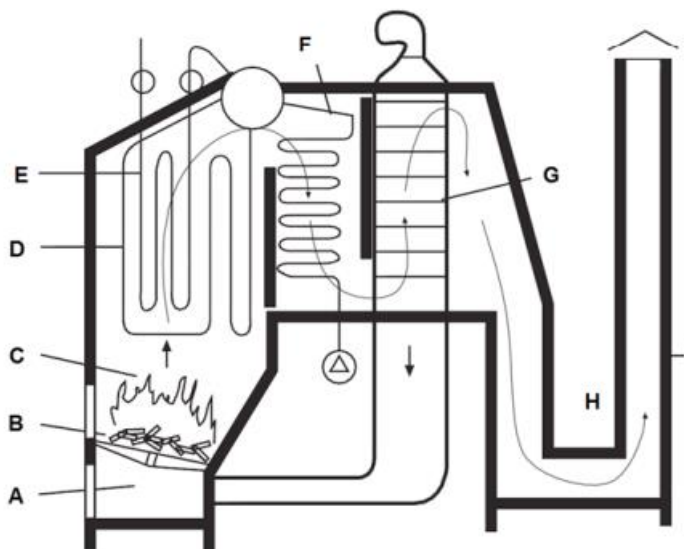
Tabela 5 - Finalidades e componentes das caldeiras a vapor.

	Componente	Finalidade
A	Cinzeiro	Deposita as cinzas e combustíveis não queimados
B	Fornalha	Realiza a combustão de líquidos e gases
C	Câmara de combustão	Local de ocorrência da combustão
D	Tubos evaporadores	Tubos contendo a água a ser evaporada
E	Superaquecedor	Eleva a temperatura do vapor saturado
F	Economizador	Aquece a água de alimentação utilizando os gases de combustão
G	Pré-aquecedor de ar	Aquece o ar previamente à combustão
H	Canais de gases	Transporta os gases de combustão até a chaminé
I	Chaminé	Expulsa os gases de combustão

Fonte: adaptado de Pera, 1990.

A Figura 13 é relacionada com a Tabela 5 onde é possível observar como os componentes são projetados dentro da caldeira. Iniciando pelo cinzeiro (A) que fica logo abaixo da fornalha (B), sendo possível notar que em algumas caldeiras não tem essa separação visível, podendo os dois componentes estarem no mesmo espaço; acima da fornalha tem-se a câmara de combustão (C) e no mesmo local passa os tubos evaporadores (D), contendo a água que está prestes a se evaporar; assim que esse processo ocorre o vapor vai para o superaquecedor (E) e o vapor já está pronto para ser mandado para o processo. Paralelamente ao processo descrito existe o economizador (F) que aquece a água de alimentação e o pré-aquecedor de ar (G) que aquece o ar, ambos ocorrem antes de realizar a troca de calor dentro da fornalha, a fim de trazer maior rendimento para a caldeira. Depois da combustão ser feita, os gases passam pelos canais de gases (H) até serem expelidos pela chaminé (I)

Figura 13 - Esquema de uma caldeira e seus componentes



Fonte: adaptado de Pera, 1990.

Vale ressaltar que ainda existem os componentes que são auxiliares no processo, mas que não fazem parte efetiva da caldeira como: os ventiladores primários e de exaustão de gases que são os responsáveis por fazer o transporte de ar no sistema e os *dampers* que limitam a entrada de ar, sem necessidade de mudar a frequência dos ventiladores.

3.8 Recomendações de eficiência energética em caldeiras

A média de eficiência energética das caldeiras varia normalmente entre 65 a 75%, o que é considerado normal, e as caldeiras que passam desse valor são consideradas excelentes

(GILMAN *et al.*, 2010.). Porém quando começa a descer dessa porcentagem é preciso ter cuidado e ações imediatas devem ser tomadas.

Existem vários motivos que podem causar essa perda de rendimento, portanto, é importante o seu constante monitoramento e algumas boas práticas são comuns de serem aplicadas.

Para a combustão completa do combustível é preciso uma quantidade de excesso de ar, porém mudanças na temperatura e pressão afetam essa quantidade e fazem com que a caldeira perca eficiência, caso não se mantenha ao nível desejado. Quantidades elevadas de excesso de ar diminuem a chama e aumenta a perda de calor, e pouco ar ocasiona uma combustão incompleta que gera mais CO, fuligem e fumaça. Portanto, a recomendação é sempre buscar o equilíbrio com análise dos gases liberados pela chaminé.

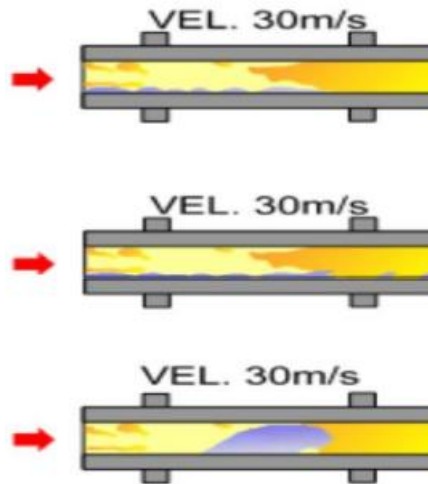
Nas caldeiras, é necessário a utilização de purgadores como o da Figura 14 para evitar corrosão, arraste de água para o vapor e o fenômeno conhecido como “golpe de aríete”. Durante as paradas, o vapor condensado que está dentro da tubulação se acumula nos pontos mais baixos. E, caso esse volume não seja eliminado, a tendência é ele continuar acumulando até que preencha todo o espaço da tubulação e forme um pistão hidráulico que será empurrado dentro da tubulação com a mesma velocidade que o vapor, como mostrado na Figura 15. Este fenômeno traz consequências catastróficas, com altas chances de danificar os equipamentos de toda a linha de vapor.

Figura 14 - Purgador de linha de vapor.



Fonte: loja Brasil vapor, 2022.

Figura 15 - Golpe de aríete



Fonte: Spirax Sarco, 2017.

Portanto, o excesso de purgas além de diminuir a eficiência energética é uma situação de extremo perigo. O recomendando é instalar pontos de drenagem a cada 30 metros lineares de tubulação.

A água de alimentação também é um fator importante no rendimento da caldeira por questões térmicas simples. Quanto mais fria ela estiver, maior será o consumo de combustível para transformar em vapor, portanto, impacta diretamente no consumo de combustível. Para ser considerado bom é desejável que a água esteja acima de 80°C (Pera, 1990).

No caso das caldeiras que utilizam o biocombustível, o teor de umidade tem um fator importante no poder calorífico do combustível. Quando acontece a queima do combustível com alta umidade, parte da água será evaporada e isso exige energia. Dessa forma, quanto menor a umidade maior será a eficiência da caldeira, e o valor depende do modelo da caldeira, mas o mínimo exigido para caldeiras varia entre 30% e 40% (Garcia, 2002).

Outro fator que impacta não só o rendimento da caldeira, mas de toda a indústria é a má regulagem da caldeira e dos equipamentos. Caldeias mal reguladas não queimam o combustível por completo e geram mais CO e cinzas. Existem muitos fatores que levam isso a acontecer, a quantidade de excesso de ar incorreta, temperatura de queima errada, entre outros. Entretanto, todos eles são derivados de uma falta de regulagem da caldeira e seus componentes. Portanto, avaliações e manutenções constantes são fundamentais para garantir a melhor eficiência da caldeira.

3.8.1 Tratamento de água

Para manter a caldeira preparada para o uso, é preciso manter a manutenção preventiva e os tratamentos adequados para eliminar corrosão, sujeiras e substâncias que causem danos ao equipamento, assim aumentando a qualidade e durabilidade da caldeira.

Água boa para caldeira não significa água potável, as características podem variar de acordo com cada caldeira e, portanto, deve estar de acordo com as indicações da caldeira em uso. Essa qualidade depende da análise de parâmetros básicos, como a presença de minérios e sais na água (cálcio, magnésio, sódio, entre outros). Os contaminantes mais encontrados na água são divididos entre:

- Sólidos suspensos, que são os materiais visíveis a olho nu;
- Sólidos dissolvidos, que não são visíveis a olho nu;
- Gases dissolvidos.

Além dos processos requisitados pela própria caldeira, existem normas regulamentadores que indicam a qualidade para utilização e correto descarte da água de alimentação.

3.8.1.1 Fases do tratamento da água da caldeira

Para realizar o tratamento da água, são necessárias fases diferentes que são separadas em tratamento externo e interno.

O objetivo do tratamento da água da caldeira é remover ou reduzir impurezas, como minerais e sais, para prevenir a formação de incrustações, corrosão e outros problemas que afetam a eficiência e a vida útil da caldeira como a dureza da água.

A "dureza da água" refere-se à concentração de minerais, principalmente cálcio e magnésio, dissolvidos na água. Ela é importante para o tratamento da água da caldeira, pois altos níveis de dureza podem causar incrustações nas superfícies de aquecimento, reduzindo a eficiência do equipamento. Portanto, controlar a dureza da água é essencial para o bom funcionamento da caldeira.

A primeira fase do tratamento externo é conhecida como tratamento preliminar, normalmente realizada em uma Estação de Tratamento de Água (ETA). Esta é a fase de filtragem onde é feito a floculação e coagulação da matéria, para depois realizar a remoção de

gases que estão dissolvidos. A segunda fase é conhecida como tratamento complementar e é separada em 3 fases:

1. Abrandamento, remoção da dureza da água;
2. Desmineralização, remoção dos íons negativos e positivos da água;
3. Osmose reversa, outra etapa de desmineralização, mas agora é realizada por uma membrana.

Tal como o tratamento externo, o tratamento interno é fundamental no processo da caldeira, que tem como função evitar os possíveis problemas de corrosão e incrustação. Neste momento, é a fase de eliminar os minérios de cálcio e magnésio que são os responsáveis pelas incrustações, controlar a alcalinidade e o PH com adição de ácidos e de soda, eliminar o oxigênio presente que é o responsável por viabilizar a corrosão.

Existem diversos motivos para que o tratamento correto de água das caldeiras seja importante, outros problemas que acontecem fora os mencionados são:

- Alto custo de manutenção;
- Redução de eficiência;
- Superaquecimento;
- Quebra de equipamentos e tubulações;
- Grande número de manutenções;
- Aumento de risco de acidentes.

3.9 Recomendações NR13

As NRs são Normas Regulamentadoras criadas com o intuito de fiscalizar e fornecer orientações e padrões sobre procedimentos relacionados à saúde e segurança do trabalho. A NR 13 é uma norma focada na segurança e saúde dos trabalhadores que trabalham com caldeiras a vapor, vasos e tubulações de pressões. São de responsabilidade do empregador seguir as medidas de segurança e a não aplicação significa colocar os seus funcionários em risco de forma proposital, trazendo graves problemas para o empregador.

Alguns procedimentos importantes da NR-13 para garantir a segurança e de certa forma a eficiência da caldeira são (NR-13, 2019):

- válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a Pressão Máxima de Trabalho Admissível - PMTA, considerados os requisitos

do código de projeto relativos a aberturas escalonadas e tolerâncias de calibração;

- instrumento que indique a pressão do vapor acumulado;
- injetor ou sistema de alimentação de água independente do principal, que evite o superaquecimento por alimentação deficiente, acima das temperaturas de projeto, de caldeiras de combustível sólido não atomizado ou com queima em suspensão;
- sistema dedicado de drenagem rápida de água em caldeiras de recuperação de álcalis, com ações automáticas após acionamento pelo operador;
- sistema automático de controle do nível de água com intertravamento que evite o superaquecimento por alimentação deficiente.

3.10 Cálculo de eficiência

Como mencionado anteriormente, é impossível a caldeira alcançar 100% de rendimento por conta das perdas térmicas do sistema. Saber a porcentagem de eficiência de sua caldeira é importante quando se busca diminuir despesas para usar como parâmetro.

Existem dois métodos para medir a eficiência de uma caldeira, o método direto e o método indireto ou método das perdas.

3.10.1 Método direto

O método direto de acordo com Buecker (2002) é uma forma que utiliza os fluxos energéticos que estão entrando e saindo da caldeira. A $\eta = \frac{M_{VAPOR} \cdot h_{vapor} - M_{H_2O} \cdot h_{H_2O}}{M_{COMBUSTIVEL} \cdot PCI}$

Equação 1 mostra o produto da vazão mássica de vapor (M_{VAPOR}) e a entalpia do vapor (h_{vapor}) subtraindo do produto da vazão mássica da água (M_{H_2O}) com a entalpia da água (h_{H_2O}), dividida pelo produto da vazão mássica de combustível ($M_{COMBUSTIVEL}$) com o poder calorífico do combustível (PCI).

$$\eta = \frac{M_{VAPOR} \cdot h_{vapor} - M_{H_2O} \cdot h_{H_2O}}{M_{COMBUSTIVEL} \cdot PCI} \quad \text{Equação 1}$$

Esta forma permite-se um cálculo mais rápido, porém menos confiável do que o método indireto, por utilizar a vazão mássica de vapor que varia muito de acordo com as condições de trabalho e climáticas.

3.10.2 Método indireto

O método indireto tem como base as perdas de calor no sistema. Como as perdas de calor são valores mais constantes e sofrem menos alterações, este método é mais confiável do que o direto (BUECKER, 2002).

De acordo com Bizzo (2003), algumas perdas de calor existentes durante a operação de uma caldeira são nos gases de combustão que saem pela chaminé, radiação e convecção com o ambiente, nas cinzas e por combustão incompleta do combustível.

O método das perdas é vantajoso quando se tem dificuldade para conhecer o consumo de combustível e qual a produção de vapor da caldeira. Sabendo disso, este método considera todas as perdas e subtrai do rendimento máximo utópico de 100% como mostrado na Equação 2 (LORENSETTI, 2022).

$$\eta = 100 - (L1 + L2 + L3 + L4 + L5 + L6 + L7 + L8) \quad \text{Equação 2}$$

Onde,

L1 = Perda por gases secos;

L2 = Perda por presença de hidrogênio no combustível;

L3 = Perda devido a umidade no combustível;

L4 = Perda devido a umidade no ar;

L5 = Perda por combustão incompleta (CO);

L6 = Perdas por irradiação e convecção;

L7 = Perda por cinza não queimada na chaminé;

L8 = Perda por cinza não queimada no fundo.

Ambos os métodos, quando corretamente utilizados, devem chegar ao mesmo valor com uma margem de erro pequena. O que permite ao gestor da caldeira que, independentemente do método escolhido, tome as melhores decisões para o melhorar seu desempenho.

4 METODOLOGIA

Com intuito de possibilitar a adequada coleta de dados e análise em relação à eficiência energética do tema proposto foi necessário realizar o levantamento bibliográfico, em normas técnicas, livros, artigos científicos, dissertações, teses e outros materiais. Com isso, informações sobre procedimentos técnicos, a forma correta de medições e outros dados que pudessem auxiliar no estudo foram adquiridos como fonte de dados secundária.

O objetivo da pesquisa é descritivo, pois, investiga como, com precisão, os fatos e as descrições de fenômenos reais ocorrem no sistema de vapor do ambiente industrial. A pesquisa também tem abordagem multidisciplinar, por ser realizada a análise do objeto pelo ponto de vista de mais de um campo do conhecimento científico, que no caso é a área de engenharia mecânica, gestão energética e métodos de controle de qualidade.

O campo de conhecimento é da ciência exata sendo do tipo quantitativa, utilizando dados coletados utilizando medidores de pressão, temperatura, entre outros. Estes resultados coletados são obtidos em situações reais de operação, com os equipamentos de estudo. Ressaltando que esta natureza de pesquisa é objetiva, com base em análise de dados quantitativa utilizando os resultados matemáticos e estatísticos para descrever as causas e relações entre as possíveis questões observadas.

O estudo é uma pesquisa aplicada que visa solucionar problemas reais e operacionais de eficiência energética com foco na qualidade e segurança do sistema, como um todo. Com relação à procedência da coleta de dados é categorizado como fonte primária, sendo todos os dados coletados, realizados pelo próprio pesquisador no ambiente de estudo.

O trabalho tem como proposta fazer um estudo de caso para entender o sistema de uma forma ampla e detalhada, a fim de investigar o consumo de combustíveis no sistema de geração de vapor de um frigorífico de aves pesadas¹. Desta forma, foram realizadas visitas *in loco* para analisar os locais onde os medidores de pressão de vapor estavam instalados, feito levantamento do fluxo térmico e linha de vapor.

A proposta do trabalho foi obter informações sobre as caldeiras, fluxo de vapor, os maquinários e os diferentes métodos de operação, nos 3 turnos de funcionamento da fábrica. E,

¹ O termo aves pesada, em avicultura é utilizado quando alguém está se referindo as galinhas matrizes, adultas, mãe dos pintos de corte.

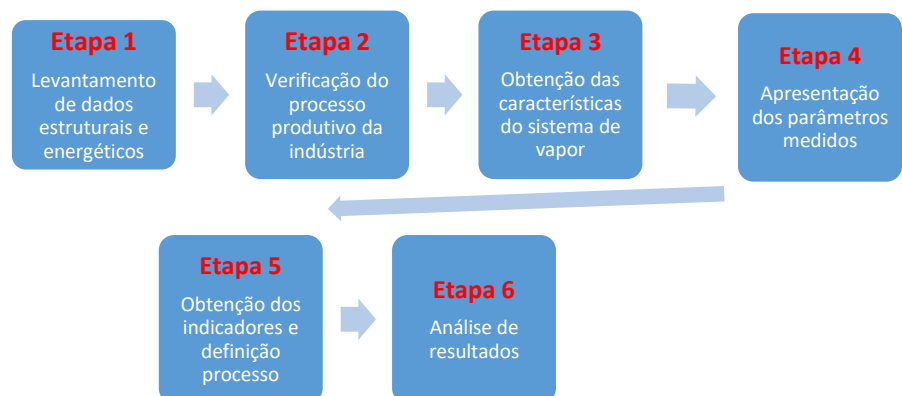
por meio da análise quantitativa de dados, buscar atingir a meta estipulada pela unidade do indicador de quilos de combustível por toneladas de frango produzidos (kgComb/t.). Dessa forma, pretende-se propor medidas para diminuir o consumo específico da unidade de vapor do frigorífico.

Isso foi realizado utilizando-se da coleta de dados *in loco* pelos medidores de pressão na entrada e na saída dos coletores de vapor, que ficam distantes da caldeira. Além, de valores obtidos nos medidores de temperatura no maquinário de abate, e os indicadores de consumo de lenha, medidos diariamente com fita métrica, entre outras. Estas medições estão descritas com mais detalhes nas próximas seções. Nota-se que os dados obtidos são de equipamentos calibrados anualmente, sendo que todos eles possuem selo de qualidade e estão dentro das normas de operação.

O fluxograma da metodologia, que está ilustrado na Figura 16, foi dividido em 6 fases sendo elas:

1. Levantamento de dados referentes às características estruturais e energéticas do frigorífico;
2. Verificação do processo produtivo da indústria;
3. Obtenção das características do sistema de vapor;
4. Definição dos parâmetros a serem medidos;
5. Obtenção dos indicadores e definição de metas a serem atingidas, com processamento dos dados e implementação de ações para melhoria de processo;
6. Análise de resultados.

Figura 16 - Fluxograma da metodologia



4.1 1º Etapa - Levantamento de dados referentes às características estruturais e energéticas do frigorífico e definição de indicadores a serem obtidos

Nesta etapa o objetivo foi buscar informações sobre a estrutura do frigorífico, o tamanho da indústria em metros quadrados, a quantidade de funcionários que atuam na empresa atualmente, buscando dados *in loco* com o setor de projetos e recursos humanos. Além de verificar quais são todas as energias primárias que são adquiridas pelo frigorífico e também identificar os indicadores diários e mensais que poderiam ser obtidos com a empresa sem adicionar nenhum processo, sendo eles: os horários de funcionamento da indústria (de domingo às 19h00min até sábado às 5h00min) e a meta que precisava ser atingida de redução do indicador de kgComb/t de frango produzido. em aproximadamente 4%.

Todos esses dados foram coletados *in loco* pelo pesquisador durante o período de trabalho, com dados obtidos em materiais disponibilizados pela empresa e em setores específicos.

4.2 2º Etapa - Verificação do processo produtivo da indústria

Nessa etapa foi compreendido o processo produtivo da indústria, que é separado por áreas dentro do abate. Dentro das áreas é visualizado também os tipos de energia utilizados e os requisitos de energia mínimos necessários para a boa operação das máquinas e qualidade do produto final. Os dados desta fase foram coletados *in loco*.

Nessa fase, foram caracterizadas as matérias-primas energéticas necessárias para a execução do processo produtivo na área que utiliza vapor na indústria.

4.3 3º Etapa - Obtenção das características do sistema de vapor e das caldeiras

Esta etapa também feita *in loco* com foco na casa de caldeiras da unidade analisando as características de cada uma, incluindo obtenção dos dados referentes ao fluxo térmico, características estruturais e de operação, planos de manutenção e sua função no processo produtivo. Também foram analisadas as fontes de combustíveis, os locais de armazenamento, quais eram os fornecedores e quais eram as práticas de abastecimento.

4.4 4º Etapa - Obtenção dos parâmetros

Na etapa de coleta de dados foram levantados, nos bancos de dados da empresa e através de coleta diária, os dados com relação ao indicador de quilo combustível de lenha por tonelada de frango (kgComb/t.). Pode-se separar estes dados em:

- Toneladas produzidas
 - Meta para o ano de frangos abatidos em toneladas;
 - Abate diário em toneladas.
- Combustível utilizado
 - Quantidade de lenha utilizada em reais;
 - Meta anual para o consumo de lenha;
 - Custo da lenha anual;
 - Metros cúbicos de lenha utilizados por dia;
 - Metros cúbicos de lenha utilizados por turno;
 - Metros cúbicos de lenha utilizados por caldeira;
 - Litros de óleo utilizados por dia;
 - Umidade da lenha fornecida por terceiros e da própria fazenda.
- Caldeiras
 - Temperaturas mínimas e máximas dos dias de 2021 na cidade em questão;
 - Manutenções preventivas, preditivas e inspeções realizadas.

Importante mencionar que não existe um indicador de consumo por caldeira, sendo esses dados necessários para análise dos indicadores. Esse processo foi implementado durante execução da pesquisa, com dados coletados somente após a sua implementação.

4.5 5º Etapa - Obtenção dos indicadores e definição de metas a serem atingidas, com processamento dos dados e implementação de ações para melhoria de processos

Essa etapa do estudo de caso foi dividida em 4 fases, baseada no modelo PDCA, já descrito na introdução, que são:

1. Planejamento

Nesta fase de planejamento, inicialmente foi preciso identificar com detalhes o problema ou desvio detectado e evidenciar a sua importância, sendo inicialmente este definido

como: alto consumo de vapor por toneladas de frango (kgComb/t.). Dessa forma, foi analisado o indicador de kgComb/t no ano de 2021, buscando dados fora do comportamento considerado padrão (pontos fora da curva) e relacionando o consumo real, com o previsto no mesmo período.

Com os dados históricos obtidos foi apresentado para a empresa um relatório de possíveis perdas causadas pelo problema em questão e os ganhos possíveis se solucionado, com uma simulação de valores.

Após a aprovação do projeto pela indústria foi feito uma estratificação para verificar onde realmente está o desvio, evitando várias ações sem resultados. Nesse caso, portanto, foi dividido o problema maior em problemas menores, já realizando uma priorização com base nos impactos. Nota-se que esta estratificação começou com a análise do custo de energia elétrica e terminou com o custo da lenha.

Foi então designado um grupo de pessoas responsável pela solução do problema encontrado, estabelecendo uma meta, que foi estipulada pela administração do frigorífico, além de um prazo para que esta solução fosse alcançada. Esta equipe também foi responsável pela verificação da eficácia da ação. A meta foi: reduzir o indicador de kgComb/t. em aproximadamente 4%.

A partir da definição da problemática, o primeiro objetivo foi identificá-la sob vários pontos de vista, fazendo análises com algumas indagações, tais como:

- Os resultados são diferentes de manhã, à tarde, à noite, às segundas e nos feriados? Ou seja, é dependente do turno de trabalho ou dia da semana?
- Os resultados são diferentes por turma? Ou seja, no mesmo turno, há diferenciação por equipes de trabalho?
- Os resultados são diferentes dependendo do tipo: de matéria-prima, de armazenamento?
- Os resultados são diferentes por falha: quais os problemas que afetam o equipamento?
- Entre outros.

Esses dados foram observados avaliando as solicitações de manutenção abertas pelos operadores da caldeira e pelo o indicador diário de kgcomb/t. Baseado na separação por turnos foi possível observar variações mais inerentes ao pessoal do que aos processos, como ilustrado na Tabela 6, onde é visível os dados de dia da semana e consumo total do dia por caldeira.

Tabela 6 -Consumo de lenha por caldeira e dia da semana

Data	Dia da semana	Caldeira Berkes	Caldeira Bremer
domingo, 6 de fevereiro de 2022	Domingo		
segunda-feira, 7 de fevereiro de 2022	Segunda-Feira	85,00	26,00
terça-feira, 8 de fevereiro de 2022	Terça-Feira	90,00	24,00
quarta-feira, 9 de fevereiro de 2022	Quarta-Feira	90,00	24,00
quinta-feira, 10 de fevereiro de 2022	Quinta-Feira	85,00	24,00
sexta-feira, 11 de fevereiro de 2022	Sexta-Feira	70,00	24,00

Fonte: Autor, 2023.

Também pela observação no local da ocorrência foram obtidos dados suplementares, que não podem ser obtidas na forma de dados numéricos já padronizados no processo.

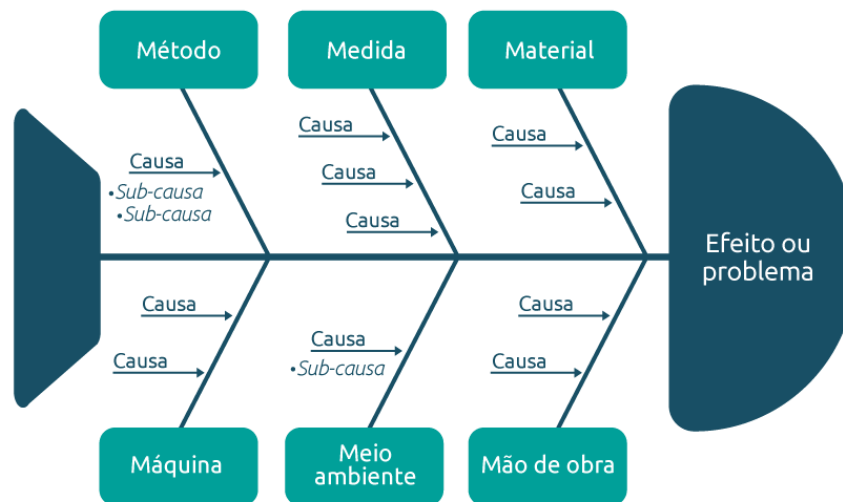
Os dados suplementares coletados foram:

- histórico do indicador Kgcomb/t.;
- metas mensais estipuladas pela administração da unidade;
- variação do custo da lenha;
- fornecedores de lenha;
- gastos anuais com lenha;
- volume de abate real e estipulado;
- umidade da lenha;
- pressão da linha de vapor;
- quantidade de óleo utilizada como combustível suplementar;
- quantidade de lenha consumida por dia e por turno;
- manutenções preventivas e corretivas;
- temperaturas mínimas e máximas anuais;
- entre outros.

Com as metas e os dados obtidos, foi feito o *brainstorming*, com a equipe envolvida no projeto, para levantar ideias e sugestões sobre os fatores que pudessem estar causando o efeito indesejável. Para organizar essas ideias foi utilizado o Diagrama de Ishikawa, também conhecido como Espinha de Peixe, ilustrado na Figura 17.

Neste diagrama foram categorizadas as causas consideradas raízes, lembrando que é possível existir uma ou várias respostas. As causas foram reduzidas por eliminação das menos prováveis, com base nos fatos e dados levantados no processo de observação.

Figura 17 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Veloso, 2022.

Ficou estabelecido que se houvessem dúvidas para julgar as causas mais prováveis, seria necessário voltar ao local onde as hipóteses foram levantadas, com o intuito de se obter mais dados. Foram realizados experimentos para comprovar a relação entre o problema (efeito) e as causas mais prováveis (hipóteses). Caso não fosse confirmada nenhuma hipótese, seria necessário retornar à escolha das causas.

Com as hipóteses prováveis foi possível obter a sua causa fundamental. Para cada causa que passou na discussão (julgamento de teorias), foi realizado o método dos “por quês” e as causas pouco prováveis ou não confirmadas foram descartadas.

Com o método dos “por quês”, a hipótese foi adaptada em forma de perguntas e em função das respostas foi possível encontrar uma causa fundamental. Esta causa fundamental é a “raiz” do problema, salientando que é possível ter mais de uma causa.

Dessa forma, foi aplicada uma estratégia geral, propondo diferentes soluções e análise da eficácia e custo de cada uma, escolhendo a melhor. Também foi verificado quais ações foram de maior impacto sobre a causa fundamental e não sobre seus efeitos. Também foi analisado as que não produziam efeitos “colaterais” e, caso ocorressem foram definidas ações contra esses efeitos. Caso existissem duas ou mais estratégias possíveis para a mesma causa raiz foi feito um teste de viabilidade, com base nos fatores: economia, técnica, adequação física e política.

A estratégia escolhida foi detalhada de forma precisa utilizando a ferramenta 5W2H com propósito de responder as seguintes perguntas:

- O que deverá ser feito?

- Quem fará?
- Quando será feito?
- Onde será feito?
- Por que fazer?
- Como será feito?
- Quanto custará?
- Qual o impacto para a empresa?

Essa ferramenta ajuda a definir ações para resolver as causas do problema, nomeando responsáveis e definindo datas-limite para eliminar suas causas. Dessa forma, é possível fazer um adequado planejamento (plano de ação) para a solução do problema.

O método 5W2H é uma ferramenta de planejamento e gestão que ajuda a estruturar a execução de tarefas ou projetos de forma clara e eficaz. Ele é especialmente útil para garantir que todos os aspectos importantes de uma atividade sejam considerados e planejados adequadamente. Os termos "5W" e "2H" representam as seguintes perguntas:

5W:

What (O que): Refere-se à definição clara do que será feito. É a descrição da tarefa ou projeto em si.

Why (Por que): Envolve a razão pela qual a tarefa ou projeto é importante. Qual é o propósito ou objetivo que está sendo buscado?

Who (Quem): Indica as pessoas ou equipes responsáveis por executar a tarefa ou projeto. Quem são os principais envolvidos?

When (Quando): Define o cronograma, ou seja, o período de tempo em que a tarefa ou projeto será executado. Qual é o prazo ou a data de início e término?

Where (Onde): Especifica o local ou os locais onde a tarefa ou projeto será realizado. Isso é importante principalmente para atividades que exigem um local físico.

2H:

How (Como): Envolve a definição dos métodos, processos e recursos necessários para executar a tarefa ou projeto. Como será feito?

How Much (Quanto custa): Refere-se ao orçamento e aos recursos financeiros necessários para concluir a tarefa ou projeto. Quanto vai custar?

O 5W2H é uma ferramenta que ajuda a garantir que todas essas perguntas fundamentais sejam respondidas durante o planejamento, o que, por sua vez, torna mais fácil a execução

eficiente de qualquer atividade. Ela é frequentemente usada em gestão de projetos, planejamento estratégico e até mesmo na resolução de problemas, pois ajuda a criar um roteiro claro e completo para alcançar objetivos específicos. É importante personalizar as respostas de acordo com o contexto e os detalhes específicos da tarefa ou projeto em questão.

2. Ação

Nesta fase foi colocado em prática o plano de ação elaborado na fase de planejamento, com acompanhamento da execução de todas as ações previstas no plano, incluindo as que foram realizadas por terceiros ou por outras áreas.

Dessa forma, foi incumbido a cada responsável registrar tudo o que ocorreu nas execuções dos planos, o que deu certo, o que deu errado e o que não foi feito e informado para todos os outros em reuniões semanais.

Nota-se que é importante gerenciar os atrasos na execução do plano, verificando a quantidade de ações atrasadas por responsável, priorizando as ações mais atrasadas, verificando as causas dos atrasos e analisando contramedidas para redução ou eliminação dos atrasos.

3. Checagem

Nesta fase foram comparados os resultados, verificando a eficácia do que foi planejado e implementado. Dessa forma, comparou-se os dados históricos do indicador de KgComb/t. com gráficos atualizados, do gasto médio diário de lenha anterior e posterior com a aplicação do plano de ação, e uma comparação do valor que foi estimado como ganhos financeiros e o valor real obtido.

4. Melhoria contínua

Caso o resultado não tenha atingido a meta estipulada, foi preciso verificar se o plano de ação está sendo executado na íntegra, com disciplina. Caso não tenha sido esse o problema, foi necessário voltar para a fase de observação do problema e realizar a análise novamente.

O monitoramento dos resultados das ações aplicadas baseada no modelo proposto após etapa de implementação, deve ser continuamente monitorado pelo indicador de quilo combustível por tonelada de frango (KgComb/t.). Essa etapa, representada pelo ciclo PDCA deverá ser continuamente implementada, estabelecendo novas metas a serem atingidas.

4.6 6ª Etapa Análise de resultados

Após a etapa anterior foram realizadas análises do que foi implementado, apresentando os resultados aos responsáveis de cada área do frigorífico, compartilhando o quão efetivo foram as ações realizadas e, sempre perseguindo a ideia de melhoria contínua, com definição de pontos que podem ser melhorados, ainda com base em novos dados a serem obtidos.

5 RESULTADOS

No presente capítulo os resultados obtidos durante o desenvolvimento da metodologia são descritos, detalhando as características energéticas e estruturais do frigorífico, o processo produtivo, os parâmetros a serem medidos, indicadores e metas a serem atingidas e ações de melhoria.

5.1 1ª Etapa - Levantamento de dados referentes às características estruturais e energéticas do frigorífico e definição de indicadores a serem obtidos

O frigorífico possui uma capacidade de instalação de abate para 210.000 aves por dia, em uma área total de 183.240,00 m², sendo 13.223,60 m² de área construída e 2.366 funcionários. A empresa funciona em 3 turnos tendo sua parada para manutenção semanalmente entre as 22h30min de sábado e 20h00min de domingo.

As fontes de energia primária, ou seja, aquelas que não sofreram nenhum tipo de transformação, é somente a lenha de eucalipto que é obtida através de um único terceiro e a fazenda da indústria. Todavia, a empresa ainda conta com outras fontes de energia: elétrica, óleo animal, vapor quente fornecida pela caldeira e água fria obtida por compressores de amônia.

A definição dos indicadores a serem medidos foram: tonelada de abate, lenha consumida e consequentemente kgComb/t. Os valores desses indicadores são apresentados na Tabela 7 **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 7 -Indicadores diários e mensais a serem medidos

Data	m ³ de lenha total	Produção diária abate [t]	Produção diária farinha [t]	Produção diária total [t]	Consumo específico kgcomb/t.
segunda-feira, 3 de janeiro de 2022	157,15	359,35	40,00	399,35	393,51
terça-feira, 4 de janeiro de 2022	115,72	372,26	53,00	425,26	272,12
quarta-feira, 5 de janeiro de 2022	143,55	368,48	52,00	420,48	341,40
quinta-feira, 6 de janeiro de 2022	112,59	359,44	50,00	409,44	274,99
sexta-feira, 7 de janeiro de 2022	121,78	362,80	50,00	412,80	295,01
sábado, 8 de janeiro de 2022	95,34	369,94	48,00	417,94	228,12

Fonte: Autor, 2022

5.2 2ª Etapa - Verificação do processo produtivo da indústria

Nessa etapa são descritos os dados obtidos no frigorífico em relação ao processo produtivo, sendo as informações separadas por seções.

5.2.1 Processo de abate de aves

Todo o processo do abate e congelamento de aves ocorre em aproximadamente 2h30min, caso não ocorram imprevistos, e existe uma separação por área quente (recepção, sangria, escaldagem e evisceração) e área fria (pré-resfriamento, sala de cortes e congelamento). Após o abate a unidade ainda conta com uma Fábrica de Farinha e Óleo (FFO) para transformar todos os resíduos em produtos que possam ser agregados valor.

5.2.1.1 Área quente

Todas as atividades produtivas que envolvem o uso de água quente foram separadas nessa seção, tendo a necessidade do uso de vapor nos processos.

5.2.1.1.1 Transporte e recepção

O processo inicia nos aviários em que as aves ao atingir 43 dias têm sua alimentação suspensa pelo período de 6 a 8 h. A captura das aves é feita de forma manual e são colocadas posteriormente em gaiolas com 6 aves/gaiola.

Os caminhões ao chegarem na indústria ficam de 2 a 4 h em galpões com ventiladores e pulverizadores de água. As gaiolas são descarregadas e seguem para a área de pendura, onde em uma sala somente com iluminação do tipo luz negra, as aves vivas são manualmente penduradas em ganchos para ir à próxima área. As aves que chegaram mortas são enviadas para a Fábrica de Farinha e Óleo (FFO).

5.2.1.1.2 Sangria

As aves já penduradas na máquina são levadas para a cuba de choque para a insensibilização. A eletronarcose, como é denominado o processo, é a imersão da cabeça dos frangos em água com uma frequência de 1.400 Hz, com o intuito de insensibilizar o animal.

As aves insensibilizadas então passam imediatamente pelo disco de sangria, cujo processo não pode passar de mais de 10 segundos, que é um disco que faz um corte limpo na região do pescoço. Os animais que por algum motivo não passaram pelo disco passam por um operador responsável por garantir com uma faca o corte no pescoço de todos os animais.

O sangue das aves pode representar até 4% do seu peso, portanto, o tempo de sangria de acordo com o SIF (Mapa Brasil, 2019) deve ser de no máximo 3 minutos, após esse tempo a qualidade do frango estará comprometida.

5.2.1.1.3 Escaldagem

Após o tempo de sangria as aves entram na área da escaldagem que tem como objetivo a lavagem prévia dos frangos, a destruição de salmonela e facilitar a remoção das penas. Os frangos passam por 2 cubas de escalda com temperaturas de aproximadamente 55 ° C na entrada e 61,5 ° C na saída.

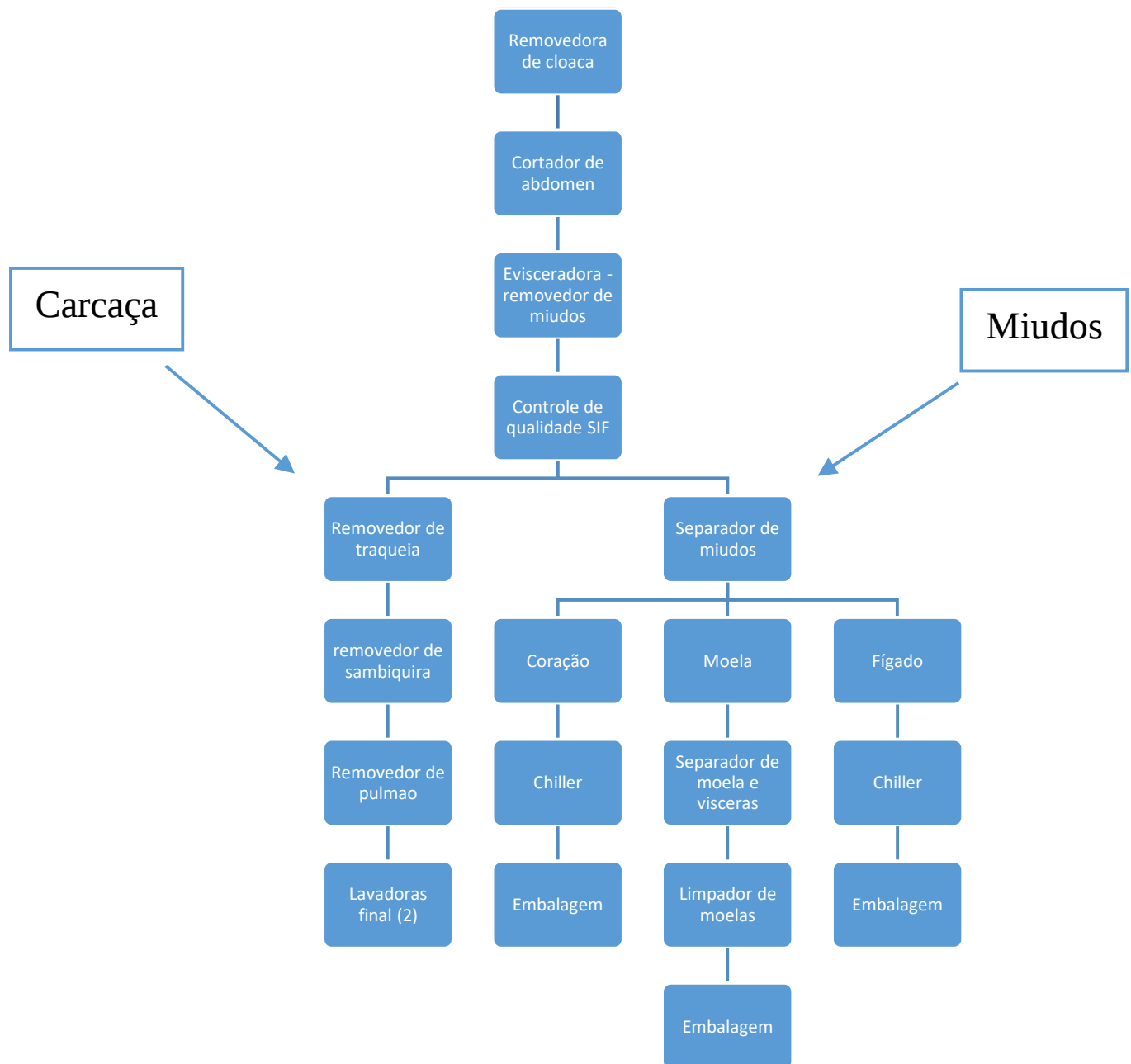
Vale ressaltar que toda a água no setor de escaldagem é aquecida por indução e radiação do vapor da caldeira. A água das cubas de escaldagem são trocadas 3 vezes por dia e para acelerar o aumento de temperatura da água foi requisitado que a água quente aquecida com o vapor da caldeira fosse jogada junto com a água à temperatura ambiente.

As aves após passarem pelo processo de escaldagem, vão para as 3 depenadeiras que com o auxílio de 60 “dedos” de silicone em cada uma, fazem a retirada das penas sem lesionar o tecido cutâneo. Depois de depenadas são encaminhadas para a evisceração.

5.2.1.1.4 Evisceração

Nesse processo existe a troca de máquinas, realizada por um transferidor para mudar o material dos ganchos e evitar contaminação. No mesmo momento que existe a troca de máquinas é feito o corte dos pés que serão escaldados, retirados a pele, pesados e embalados para comercialização. Os frangos continuam então para uma série de máquinas e processos, seguindo a ordem detalhada na Figura 18. Dessa forma, obtém-se os produtos como coração, moela e fígado de frango para serem comercializados.

Figura 18 - Processo de abate de evisceração em um frigorífico de abate de aves.

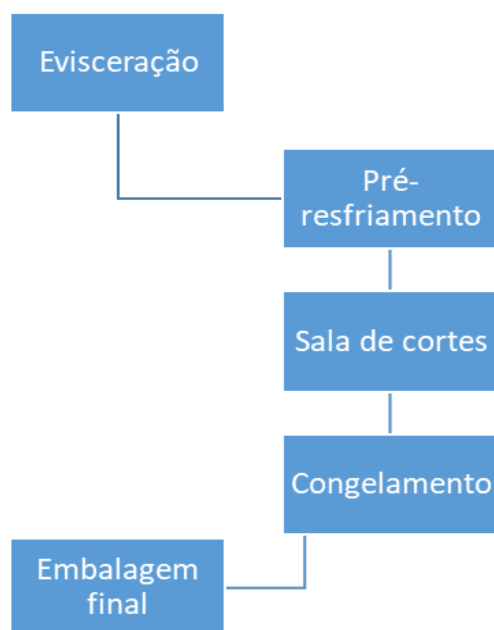


Fonte: Autor, 2022.

5.2.1.2 Área fria

Nessa parte do processo produtivo a temperatura ambiente deve estar acima de 12°C para a sala de cortes, 10°C para o congelamento e -30°C para os túneis de congelamento. O processo segue a ordem simplificada da Figura 19 ramificando dentro da sala de cortes para cortes mais específicos.

Figura 19 - Processo de abate da evisceração até embalagem final em um frigorífico de abate de aves



Fonte: Autor, 2022.

5.2.1.2.1 Pré-resfriamento

As aves depois de saírem das lavadoras finais da área de vapor, e já sem as vísceras, são imergidas no pré-*chiller* que opera com uma temperatura de 11°C na entrada e 14°C na saída. Dessa forma, começa a diminuição da temperatura do frango e de realizar a sua absorção de água. Passa pelo primeiro *chiller* com uma temperatura de 1,5°C e o *chiller* final com 1,2°C. O máximo de água que pode ser absorvida é 8% de seu peso, mas o ideal é 5% (Mapa Brasil, 2019).

5.2.1.2.2 Sala de cortes

As aves com lesões são separadas para os cortes parciais e as outras vão para os cortes completos, retirando todos os pedaços do frango. Esse processo é quase todo realizado por máquinas, sendo algumas pesagens e a desossa da coxa de forma manual.

5.2.1.2.3 Congelamento

Cortados, pesados e embalados, os produtos são enviados para os túneis de congelamento para que permaneçam pelo menos 8 h, a uma temperatura menor do que -30°C, dependendo do corte. Posteriormente, os pacotes são embalados em uma embalagem secundária de papelão e enviados para as câmaras frias.

5.2.1.3 Fábrica de Farinha e Óleo (FFO)

Na FFO as cabeças e os ossos são enviados para a moega, já a penas são enviadas para o secador e depois para a segunda moega, exclusiva para penas, e o sangue vai direto para o cozimento para virar óleo.

Depois de passar pela moega, o produto vai direto para 6 digestores que com a adição de vapor ficam em cozimento de 1 a 2 h.

5.2.2 Uso do vapor

Os principais pontos de utilização de vapor dentro do abate de aves são: tanque de imersão de gaiolas na recepção de aves, tanque de escaldagem de aves, *chiller* de escalda de pés, máquina lavadora de bacias, esterilizadores de facas e depenadeiras de sambiquira de aves. Estima-se um consumo de pressão em torno 4 bar para o abate.

A água de higienização precisa estar em uma temperatura de aproximadamente 55°C, para evitar o desperdício. Essa água é direcionada à FFO ainda quente e depois à ETE para tratamento.

O vapor enviado para a FFO gira em torno de 8 bar e alimenta 3 digestores de 5 t., 3 digestores de 10 t. e o secador de penas.

5.3 3ª Etapa - Obtenção das características do sistema de vapor e das caldeiras

5.3.1 Fluxo de energia térmica das caldeiras

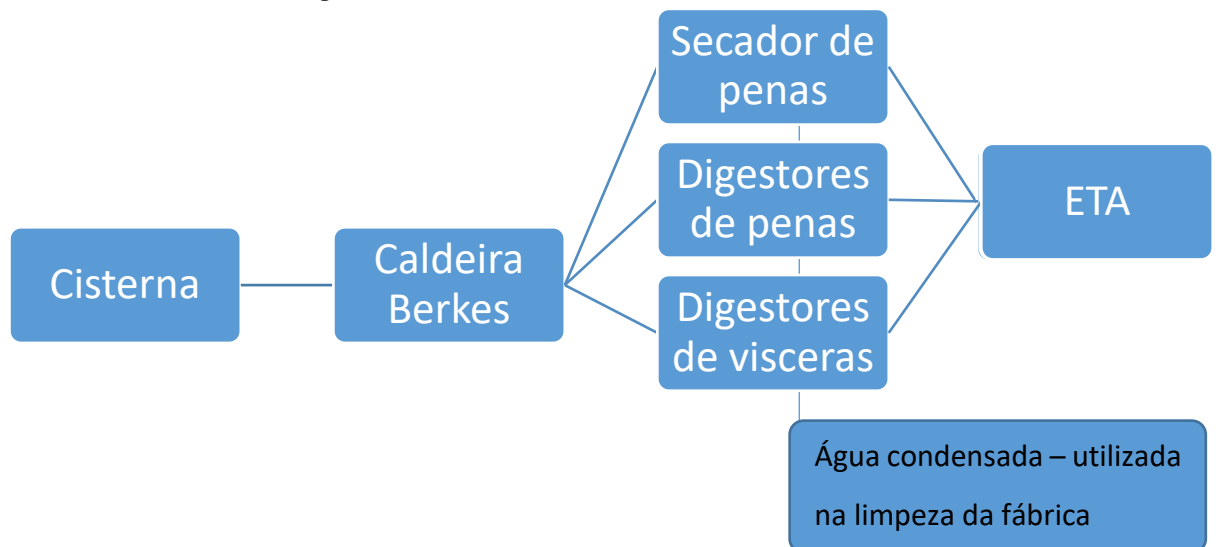
As duas caldeiras utilizadas pela indústria são da marca Berkes e Bremer, ambas aquatubulares, que utilizam a lenha de eucalipto. Para uma das caldeiras a produção de lenha é própria e para a outra, adquirida de terceiros. Vale ressaltar que na região existe somente este fornecedor de lenha.

A caldeira Berkes, que é do modelo gasogênio, também faz uso de óleo para a queima. A fábrica funciona 24 h por dia, todos os dias, parando somente para manutenção no sábado as 22h30min e reiniciando as 18 h de domingo.

O fluxo da energia térmica que é fornecido pela caldeira Berkes é representado na Figura 20. O vapor que sai da caldeira é enviado diretamente para a FFO mantendo a pressão de entrada entre 7 e 8 bar. A partir deste momento, não existe ramificações na linha e o vapor é igualmente distribuído para um secador de penas, três digestores de penas de 5 t. cada e três digestores de

ossos e vísceras de 10 t. cada, depois disso a água é enviada para a Estação de Tratamento de Esgoto (ETA) e o vapor condensado que fica na linha é utilizado para lavagem da fábrica.

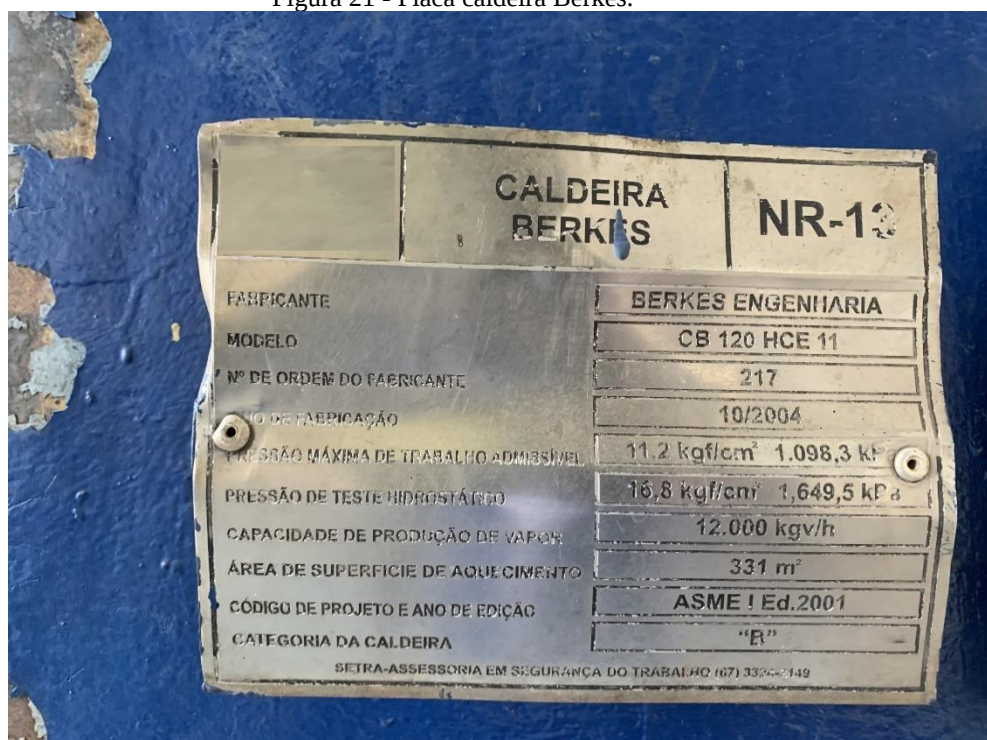
Figura 20 - Fluxo térmico caldeira Berkes



Fonte: Autor, 2022.

Algumas informações da caldeira Berkes foram encontradas em sua placa que fica junto ao corpo da caldeira, com capacidade de produção de 12 t. de vapor, conforme Figura 21. Para melhor visualização os dados de ambas as caldeiras também podem ser encontrados na Tabela 8.

Figura 21 - Placa caldeira Berkes.



Fonte: Autor, 2022.

Tabela 8 - Características das caldeiras

Informações	Caldeira Berkes	Caldeira Bremer
Fabricante	BERKES ENGENHARIA	H. BREMER & FILHO LTDA
Modelo	CB 120 HCE 11	HBf8.5
Ano de fabricação	01/10/2004	01/08/1998
Pressão máxima de trabalho	11,2 Kgf/cm ²	10,8 Kgf/cm ²
Pressão de teste hidrostático	16,8 Kgf/cm ²	24,75 Kgf/cm ²
Capacidade de produção de vapor	12.000 Kgv/h	8.000 Kgv/h
Área de superfície de aquecimento	331 m ²	299,3 m ²
Categoria da caldeira	B	B
Combustível	LENHA	LENHA/CAVACO

Fonte: Autor, 2022.

Os dados do fluxo da caldeira Bremer, cuja placa está na Figura 22 possui capacidade de produção de 8 t. de vapor. Esta caldeira alimenta o abate, sendo seu fluxo ilustrado na Figura 23.

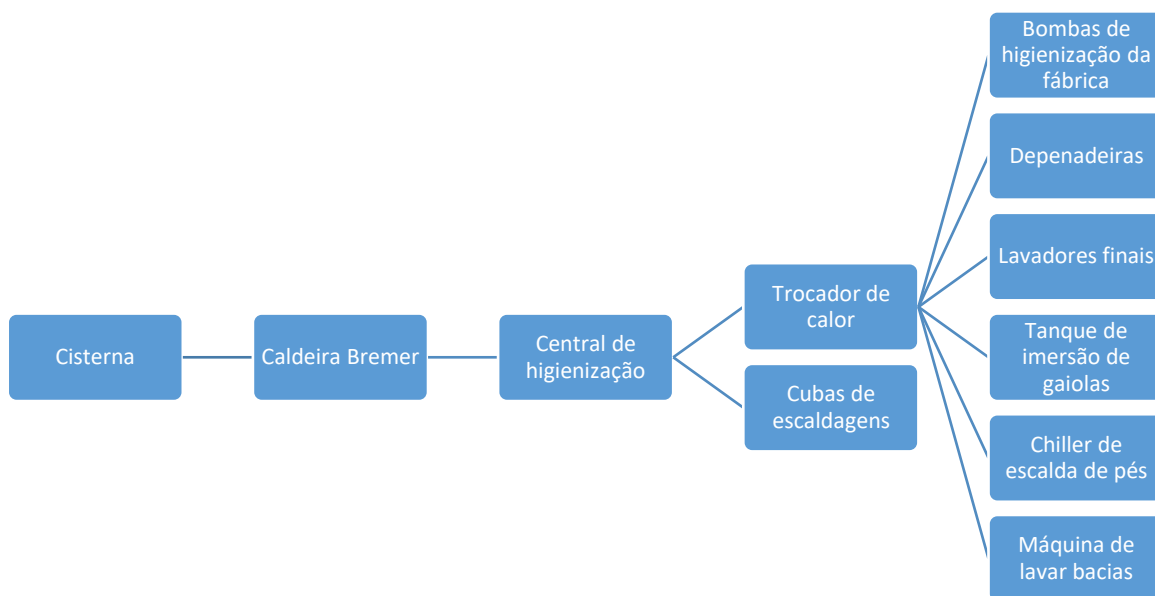
O vapor que sai dessa caldeira é enviado a uma distância de 30 metros até a central de higienização, onde é feito o redirecionamento. Uma parte vai direto para as cubas de escaldagem e o restante ao trocador de calor, que por sua vez faz a divisão entre as bombas de higienização para limpeza da fábrica e as máquinas (depenadeiras, lavadores finais, tanque de imersão de gaiolas, *chiller* de escalda de pés e máquinas de lavar bacias). Após esse processo, a água condensada vai junto com os restos de frangos para a FFO e é tratada junto com a água do processo da FFO.

Figura 22 – Placa caldeira Bremer



Fonte: Autor, 2022

Figura 23 - Fluxo térmico caldeira Bremer presente no setor de vapor de um frigorífico de abate de frango.



Fonte: Autor, 2022.

Não existe medição de vazão de água ou vapor em nenhum dos pontos da indústria, somente é feita a medição da pressão na entrada do abate e da FFO e, de temperatura em certas máquinas, tais como:

- central de higienização: 4 bar de vapor;
- bombas de higienização da fábrica: 60°C de água quente;
- lavadores finais: 65°C na primeira e 45°C na segunda máquina;
- tanque de imersão de gaiolas: 60 °C;
- máquina de lavar bacias: 80°C;
- Cubas de escaldagens: 55 ° C na entrada e 61,5 ° C na saída.

As máquinas que não possuem temperatura fixas de funcionamento são porque variam de acordo com o tipo de frango e necessitam de constante regulagem. Esta regulagem é feita com base em testes feitos no local.

5.4 4º Etapa - Obtenção dos parâmetros medidos

As métricas dos parâmetros, foram levantadas diariamente, de primeiro de janeiro de 2021 até 26 de abril de 2022 e foram armazenados em um banco de dados. Salientando que os dados de produção de farinha foram obtidos separados do de produção de abate e somente começou a ser contabilizado a partir de janeiro de 2022 para análise deste trabalho, pois, anteriormente só existiam os dados de produção total, sem separação por área. Na Tabela 7 são apresentados dados de amostra de produção diária, com valores de produção de farinha, produção de abate e produção total.

Tabela 9 – Amostra de produção diária, de produção de farinha, de abate e total de alguns dias do frigorífico.

Data	Produção farinha	Produção abate	Produção total
sexta-feira, 1 de janeiro de 2021	0,00	0	0,00
sábado, 2 de janeiro de 2021	0,00	0	0,00
domingo, 3 de janeiro de 2021	0,00	0	0,00
segunda-feira, 4 de janeiro de 2021	0,00	373,47	373,47
terça-feira, 5 de janeiro de 2021	0,00	338,99	338,99
quarta-feira, 6 de janeiro de 2021	0,00	343,70	343,70
quinta-feira, 7 de janeiro de 2021	0,00	401,67	401,67
sexta-feira, 8 de janeiro de 2021	0,00	409,34	409,34
sábado, 9 de janeiro de 2021	0,00	318,54	318,54
domingo, 10 de janeiro de 2021	0,00	0	0,00

Fonte: Autor, 2022.

A meta orçada de abate de frangos foi de 117.600 toneladas para o ano de 2021 e o produzido foi de 115.155,48 toneladas. O que significa que a produção acumulada do ano foi 2.444 toneladas menor do que o esperado como mostrado em cada mês de 2021 na Tabela 10.

Tabela 10 – Abate de frango realizado *versus* plano orçado de 2021.

	Plano orçado	
	2021 [t.]	Realizado [t.]
JAN	9370,03	8034,00
FEV	8653,27	8932,00
MAR	9373,07	10265,00
ABR	9600,00	9532,00
MAI	10113,00	10340,00
JUN	9987,00	9988,00
JUL	10766,00	10319,00
AGO	10248,00	9974,00
SET	9988,00	9356,00
OUT	9639,00	9879,00
NOV	9616,00	10317,00
DEZ	10264,00	8844,00
Total	117.600	115.155,48

Fonte: Autor, 2022.

Com relação ao combustível utilizado pode-se observar na Tabela 11 que o valor acumulado em reais referente aos gastos orçados com lenha foi de R\$ 2.866.256,00, e o valor real acumulado foi de R\$ 2.994.734,08, desviando em R\$ 128.478,00. Vale ressaltar que o custo da lenha, somente no ano de 2021, sofreu 9 reajustes, sendo que para a lenha terceirizada houve variação de R\$ 63,12 até R\$ 74,78 e uma variação no valor de praticamente 3 vezes para a lenha da própria fazenda, variando entre R\$ 28,82 até R\$ 79,90. Salientando que o valor máximo da empresa terceirizada é menor do que o valor máximo de produção da fazenda. Neste caso, em algumas situações não vale a pena produzir na própria fazenda. Esses dados podem ser melhor avaliados no Apêndice A.

Tabela 11 – Valores gastos com lenha em 2021 em reais, orçado e realizado.

Mês	Valor Orçado (R\$)	Valor Realizado (R\$)	Media	Orçado Acumulado. (R\$)	Realizado Acumulado. (R\$)	Desvio Acumulado. R\$
Real			R\$ 229.010,02			
Meta			R\$ 222.059,00			
Janeiro	R\$ 224.906,00	R\$ 203.146,00				
Fevereiro	R\$ 224.563,00	R\$ 213.615,90		R\$ 449.469,00	R\$ 416.761,87	-R\$ 32.707,13
Março	R\$ 244.146,00	R\$ 206.770,04		R\$ 693.615,00	R\$ 623.531,91	-R\$ 70.083,09

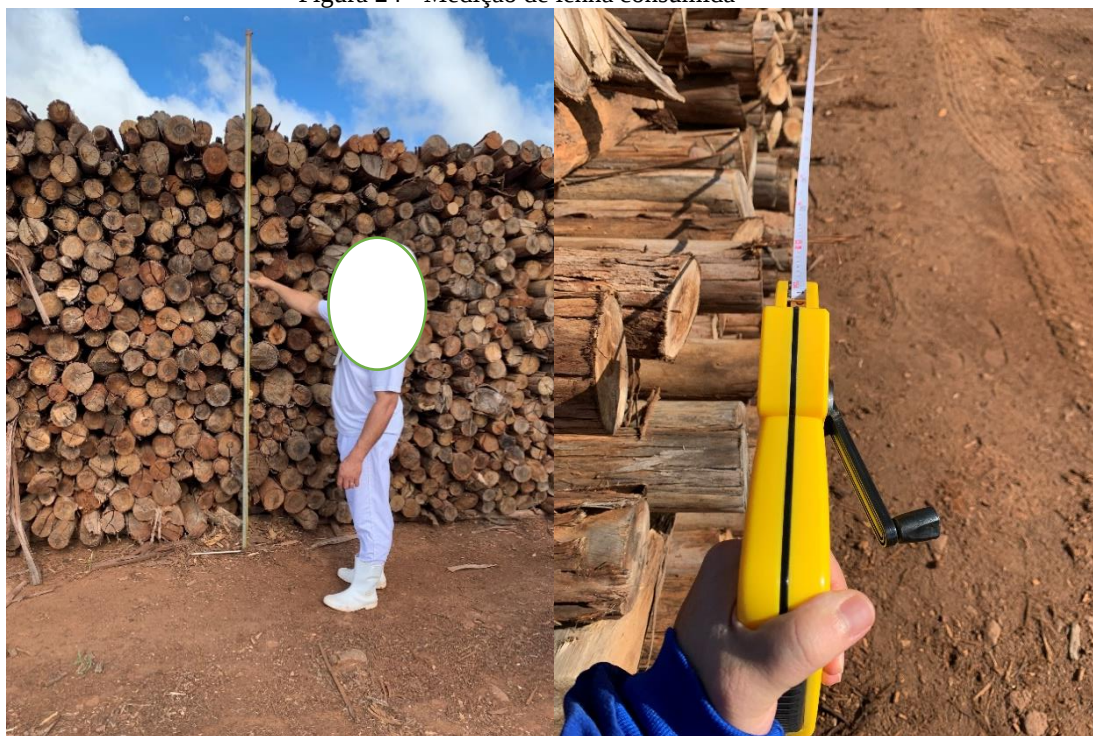
Abril	R\$ 225.065,00	R\$ 263.072,39		R\$ 918.680,00	R\$ 886.604,30	-R\$ 32.075,70
Mai	R\$ 193.691,00	R\$ 190.016,49		R\$ 953.159,00	R\$ 895.989,97	-R\$ 57.169,03
Junho	R\$ 249.766,00	R\$ 338.480,77		R\$ 1.403.402,00	R\$ 1.481.760,52	R\$ 78.358,52
Julho	R\$ 222.946,00	R\$ 239.790,05		R\$ 1.385.873,00	R\$ 1.422.905,05	R\$ 37.032,05
Agosto	R\$ 238.616,00	R\$ 269.777,85		R\$ 1.907.796,00	R\$ 2.059.670,60	R\$ 151.874,60
Setembro	R\$ 195.687,00	R\$ 160.315,81		R\$ 1.778.515,00	R\$ 1.776.757,22	-R\$ 1.757,78
Outubro	R\$ 195.918,00	R\$ 209.185,88		R\$ 2.109.137,68	R\$ 2.207.747,70	-R\$ 98.610,02
Novembro	R\$ 197.104,00	R\$ 205.194,73		R\$ 2.314.209,69	R\$ 2.432.692,15	-R\$ 118.482,46
Dezembro	R\$ 252.300,00	R\$ 248.754,38		R\$ 2.866.256,00	R\$ 2.994.734,08	R\$ 128.478,08

Fonte: Autor, 2022.

O consumo de lenha é medido em metros cúbicos utilizando uma trena de 50 m, e a medição é feita de segunda a sábado de manhã pelo setor de almoxarifado e acompanhada por um responsável da caldeira, conforme Figura 24.

A amostra presente na Tabela 12 apresenta a separação das medições por lenha de terceiro ou própria, com sua respectiva metragem no dia da compra. Para manter um controle dentro da caldeira o responsável por cada turno também faz uma medição, por não ser a mesma pessoa e nem a mesma trena, existe uma diferença na medição realizada pelo almoxarifado e pela equipe da caldeira. O dado que é levado em considerações em cálculos e gráficos é o do almoxarife. Uma amostra desse controle também é evidenciada na Tabela 12.

Figura 24 - Medição de lenha consumida



Fonte: Autor, 2022.

Tabela 12 - Amostra de medição do consumo de lenha em m³ realizada pelo almoxarife e caldeira nos 3 turnos.

Data	Lenha de terceiro [m³]	Valor da lenha de terceiro [R\$]	Lenha fazenda própria [m³]	Valor da lenha de fazenda [R\$]	m³ total (Almoxarife)	Medição (caldeira) [m³]	Diferença (almoxarife – caldeira) (m³)	1º turno [m³]	2º turno [m³]	3º turno [m³]
sexta-feira, 15 de janeiro de 2021	114,29	63,12			114,29	113,00	1,29	38,00	37,00	38,00
sábado, 16 de janeiro de 2021			149,74	44,73	149,74	115,00	34,74	39,00	37,00	39,00
domingo, 17 de janeiro de 2021					0,00	0,00	0,00			
segunda-feira, 18 de janeiro de 2021	277,27	63,12			277,27	117,00	160,27	39,00	40,00	38,00
terça-feira, 19 de janeiro de 2021			88,77	44,73	88,77	118,00	-29,23	38,00	40,00	40,00
quarta-feira, 20 de janeiro de 2021			52,75	44,73	52,75	120,00	-67,25	40,00	40,00	40,00

Fonte: Autor, 2022.

A medição de óleo e a separação de consumo de lenha por caldeira só começou a ser feita em janeiro de 2022. Até o ano de 2021 utilizava-se todo o óleo que era fabricado na separadora de resíduos sem uma medição. A amostra presente na Tabela 13 evidencia essa coleta de dados.

Tabela 13 - Consumo de óleo e de lenha por caldeira.

Data	Consumo Berkes [m³]	Consumo Bremer [m³]	óleo turno 1 [l]	óleo turno 2 [l]	óleo turno 3 [l]	óleo total [l]
quarta-feira, 5 de janeiro de 2022	86	21	100	1.300	1.000	2.400,00
quinta-feira, 6 de janeiro de 2022	94	23	1.000	1.500	1.000	3.500,00
sexta-feira, 7 de janeiro de 2022	94	23	800	1.100	1.000	2.900,00
sábado, 8 de janeiro de 2022	90	22	1.200	1.300	1.000	3.500,00
domingo, 9 de janeiro de 2022	0	0				0,00
segunda-feira, 10 de janeiro de 2022	93	23	900	1.600	1.000	3.500,00

Fonte: Autor, 2022.

A fim de fazer a medição do óleo utiliza-se um tanque reservatório de 1000 l, visível na Figura 25. Para a medição da lenha foram desenvolvidas duas bases com medidas de 8m³ cada uma, como visualizado na Figura 26, e a contagem é feita baseada na quantidade de vezes que uma grua abastece a base.

Figura 25 - Reservatório de óleo da caldeira Berkes.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 26 - Base de lenha da caldeira Bremer.



Fonte: Autor, 2022.

Quando a lenha é entregue no frigorífico a sua umidade é medida. Em 2021 foi utilizado um medidor de umidade para madeira DL2000 Digisystem, cuja calibração foi realizada naquele ano. Para uma medição adequada é necessário fazer um corte na lenha a fim de que a agulha do calibrador alcance o centro da tora, conforme ilustrado na Figura 27.

Figura 27 - Medidor de umidade da lenha do frigorífico de aves utilizando o equipamento DL2000 Digisystem.



Fonte: Autor, 2022.

Os resultados da medição estão relacionados na Tabela 14, para cada mês foram realizadas três medições em cada tipo de lenha e o resultado da tabela é a média das medições.

Tabela 14 – Porcentagem média de umidade das lenhas utilizadas no frigorífico.

	Lenha Terceiro (% umidade)	Lenha própria (% umidade)
Janeiro	35,4	45,8
Fevereiro	35,2	40,7
Março	27,7	33,4
Abril	21,3	32,1

Fonte: Autor, 2022.

As temperaturas mínimas e máximas da cidade onde se localiza o frigorífico em 2021 e 2022 foram adquiridas *online* no *site* da AccuWeather e tabeladas conforme amostra na Tabela 15.

Tabela 15 - Amostra de temperaturas mínimas e máximas na cidade do projeto.

Data	Temperatura max. [°C]	Temperatura min. [°C]
sexta-feira, 1 de janeiro de 2021	31,00	21,00
sábado, 2 de janeiro de 2021	33,00	20,00
domingo, 3 de janeiro de 2021	33,00	22,00
segunda-feira, 4 de janeiro de 2021	29,00	20,00
terça-feira, 5 de janeiro de 2021	28,00	19,00
quarta-feira, 6 de janeiro de 2021	29,00	20,00

Fonte: Adaptado de AccuWeather (2022).

As manutenções preventivas da caldeira também foram inspecionadas, e as preconizações pela NR13 estavam sendo realizadas, porém as manutenções das bombas e motores auxiliares não estavam sendo executadas no tempo previsto, o que faz com que não trabalhem em sua melhor eficiência. Em função dessa informação foram priorizadas a manutenções das bombas de água e motores de exaustão, de ambas as caldeiras em fevereiro de 2022.

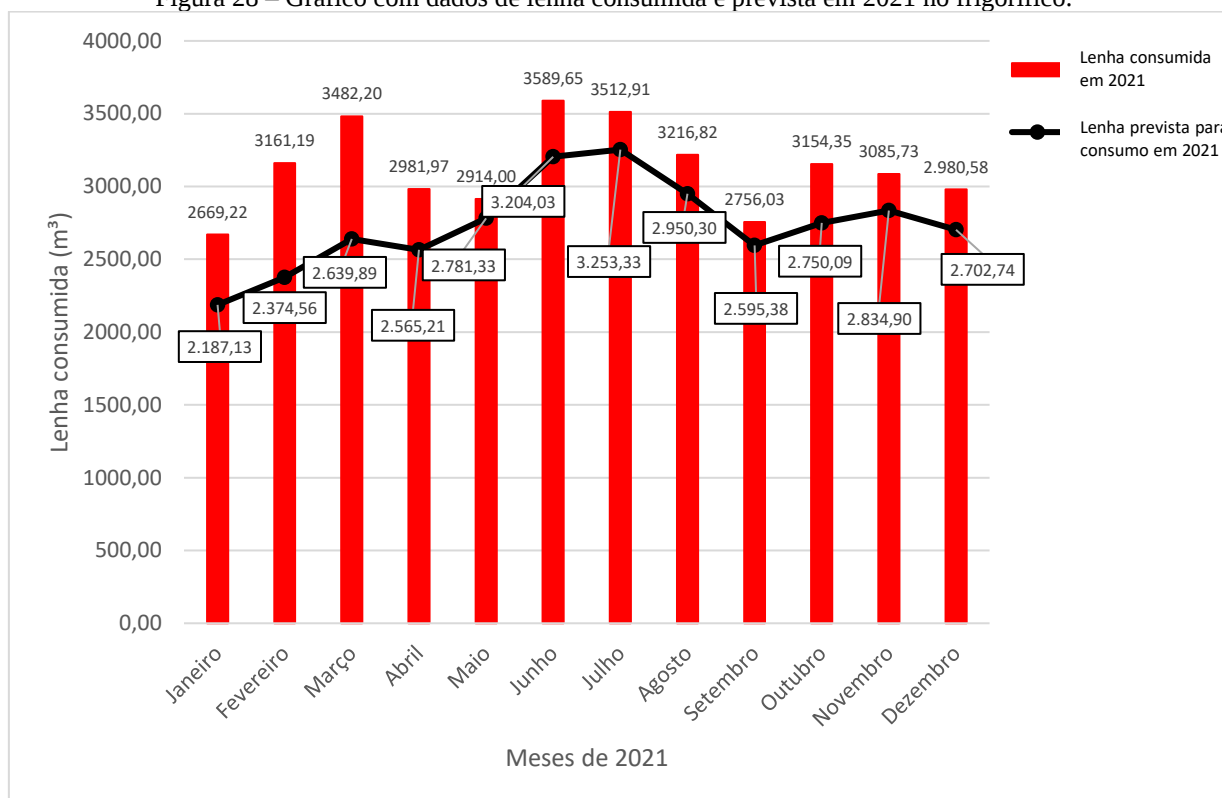
5.5 5º Etapa - Obtenção dos indicadores e definição de metas a serem atingidas, com processamento dos dados e implementação de ações para melhoria de processos

Para o modelo PDCA ser melhor implementado e gerar análises adequadas, a primeira etapa é primordial e teve que ser bem detalhada.

5.5.1 Planejamento

Com o problema do alto consumo de vapor por tonelada de frango já identificado, foi levantado o gráfico ilustrado na Figura 28, nele a linha preta é o valor previsto de m³ consumido de lenha baseado nas metas de consumo de lenha e abate de frango estipuladas para o plano, já as colunas vermelhas são os consumos reais por mês do ano de 2021.

Figura 28 – Gráfico com dados de lenha consumida e prevista em 2021 no frigorífico.



Fonte: Autor, 2022.

Para compreender melhor a diferença entre o consumo de lenha previsto e o consumo de lenha realizado em reais no indicador de kgComb/t. foi feito uma simulação utilizando a Tabela 16. A simulação foi feita para descobrir qual seria a quantidade de m³ de lenha necessária para atingir a meta estipulada de kgComb/t (Meta Plano Orçado) para 2021 com a quantidade de frangos abatidos no mesmo ano.

Tabela 16 – Simulação para encontrar quantidade necessária de lenha para atingir a meta de KgComb/t no ano de 2021

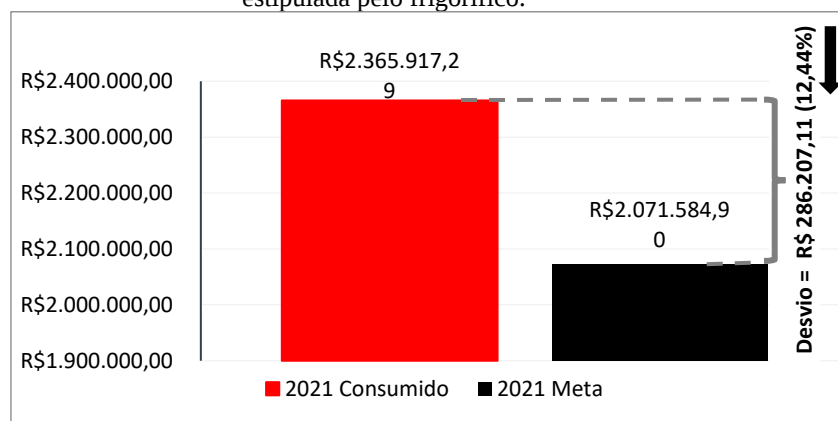
Data	Lenha consumida (m³)	Lenha necessária obtida na simulação para atingir a meta PO (m³)	Produção mensal de frango [t]	Diferença lenha consumida e a necessária (m³)	meta PO (kgComb/t)
[2021]					
Janeiro	2669,22	2.550,76	9.447,26	118,46	270,00
Fevereiro	3161,19	2.801,62	10.376,36	359,57	270,00
Março	3482,2	3.226,18	11.948,80	256,02	270,00
Abril	2981,97	2.977,85	11.029,07	4,12	270,00
Maio	2914,00	3.240,68	12.002,53	-326,68	270,00
Junho	3589,65	3.110,86	11.521,70	478,79	270,00

Julho	3512,91	3.188,06	11.807,62	324,85	270,00
Agosto	3216,82	3.067,61	11.361,50	149,22	270,00
Setembro	2756,03	2.897,14	10.730,14	-141,11	270,00
Outubro	3154,35	3.062,82	11.343,79	91,53	270,00
Novembro	3085,73	3.195,54	11.835,33	-109,81	270,00
Dezembro	2.980,58	2.733,40	10.123,70	247,18	270,00
Total ano	37.504,65	36.052,51	133.527,80	1.452,14	

Fonte: Autor, 2021.

A Figura 29 representa o valor em reais que foi gasto com o consumo de lenha considerando o kgComb/t consumido e a coluna em preto representa o valor que seria gasto, caso a meta fosse atingida no ano de 2021. Enquanto o realizado foi de R\$ 2.365.917,25, a meta representaria um gasto de R\$ 2.071.584,90, um desvio de R\$ 286.207,11 o que representa 12% do valor.

Figura 29 – Comparação entre consumo de lenha em reais realizado em 2021 e o necessário para atingir a meta estipulada pelo frigorífico.



Fonte: Autor, 2022.

Analisando-se os dados coletados na 4ª Etapa, algumas considerações foram realizadas, tais como:

- Perdas
 - a. redução do lucro da unidade;
 - b. não atendimento de metas;
 - c. risco ambiental – elevado consumo de lenha;
 - d. rendimento ineficiente do combustível
- Ganhos
 - a. atingir a meta do indicador;
 - b. ganhar no custo fixo e obter maiores lucros;
 - c. aumentar a eficiência do combustível;

d. resultar em maior sustentabilidade

A proposta de projeto para verificar processos para se atingir os ganhos, foi aceito pela empresa, dessa forma, fez-se a estratificação do problema.

5.5.1.1 Estratificação

A estratificação foi uma etapa que consistiu em dividir os problemas maiores em problemas menores. Não se limitou em uma análise única, podendo ser realizada em distintas áreas para que a análise fosse mais ampla e pudesse buscar gargalos ou inconsistências, indicando alguma alteração de padrão.

5.5.1.1.1 Custos

A Tabela 17 indica o quanto foi o gasto por setor no ano de 2021 e a soma acumulada em porcentagem. Nota-se que o setor de utilidades que se refere à energia é o segundo maior gasto da indústria, atrás somente dos gastos com funcionários.

Tabela 17 – Gastos do frigorífico por setor no ano de 2021.

Setor	Soma de Realizado (R\$)	Realizado acumulado (%)	Realizado (%)
PESSOAL	R\$85.140.440,72	49,79%	49,55%
UTILIDADES	R\$21.717.915,52	62,49%	13,12%
BENEFÍCIOS	R\$19.251.688,61	73,75%	11,20%
RECLAMATÓRIAS TRABALHISTAS	R\$12.796.534,53	81,23%	7,45%
MANUTENÇÃO GASTO FIXO	R\$9.367.536,02	86,71%	5,45%
ANÁLISES / PRODUTOS QUÍMICOS	R\$6.823.293,48	90,70%	3,97%
MANUTENÇÃO GRANDES MANUTENÇÕES	R\$5.083.001,41	93,67%	2,96%
SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO	R\$4.067.061,96	96,05%	2,37%
TERCEIROS	R\$3.463.728,31	98,07%	2,02%
SUORTE A PRODUÇÃO	R\$3.291.913,83	100,00%	1,92%
Total Geral	R\$ 171.003.114,39		

Fonte: Autor, 2022.

Estratificando mais um nível, dentro do setor de utilidades existem os gastos apresentados na Tabela 18 que evidenciam com precisão que os combustíveis gastos com vapor são os maiores depois dos gastos com energia elétrica.

Tabela 18 - Gastos em utilidades de 2021 no frigorífico.

Rótulos de Linha	Soma de Realizado Acumulado (R\$)	
ENERGIA ELÉTRICA CONTRATADA	R\$	18.544.097,68
COMBUSTÍVEL P/ VAPOR	R\$	2.164.452,12
RESÍDUOS	R\$	893.212,90
COMB.P/ ENERG.ELÉTRICA	R\$	77.383,39
GÁS	R\$	37.774,77
GASTOS COM ÁGUA	R\$	994,66

Total Geral	R\$	21.717.915,52
--------------------	------------	----------------------

Fonte: Autor, 2022.

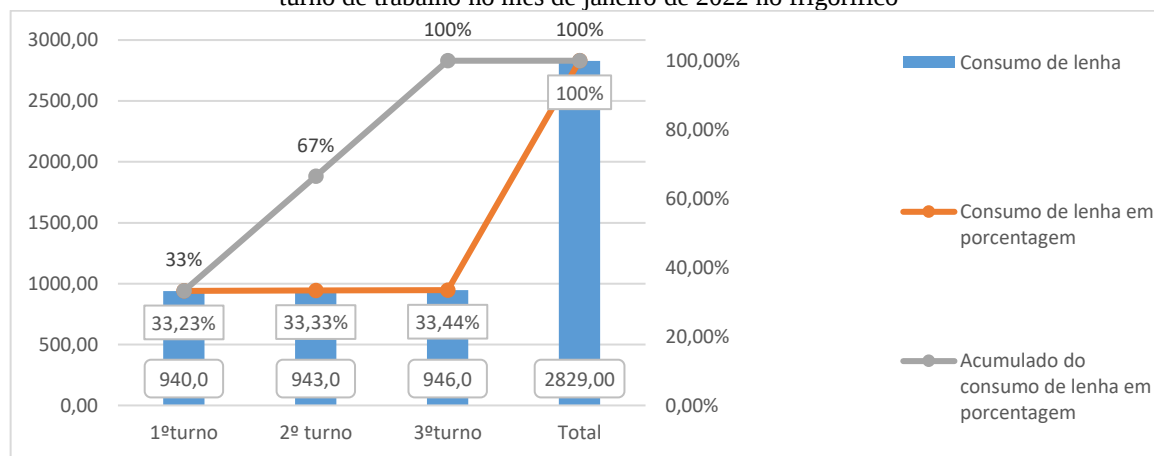
Dentro do pacote de combustível para vapor constam os gastos com lenha de terceiros, que somam um total de R\$ 1.612.275,36 e lenha da fazenda com R\$ 552.176,76, nenhum outro valor está dentro desse pacote, do ano de 2021.

A etapa de estratificação de custos apresentou uma divergência elevada entre os valores gastos com lenha de terceiro e a de produção própria, sendo justificada pela qualidade da lenha e pela disponibilidade da fazenda.

5.5.1.1.2 Turnos e dias de trabalho

A análise de gasto de lenha por turno de trabalho foi realizada com os dados médios de janeiro de 2022 e os resultados estão representados na Figura 30. Nesse gráfico foi somado o total de lenha consumida no mês, e obteve-se o consumo de lenha em m³, o consumo de lenha em porcentagem e o consumo de lenha acumulado, em porcentagem. Esses dados utilizados nesse cálculo da lenha foram feitos com os valores coletados pelo pessoal da caldeira e não pelo almoxarife.

Figura 30 - Gráfico de consumo médio de lenha em m³, em porcentagem e em porcentagem acumulada, por turno de trabalho no mês de janeiro de 2022 no frigorífico

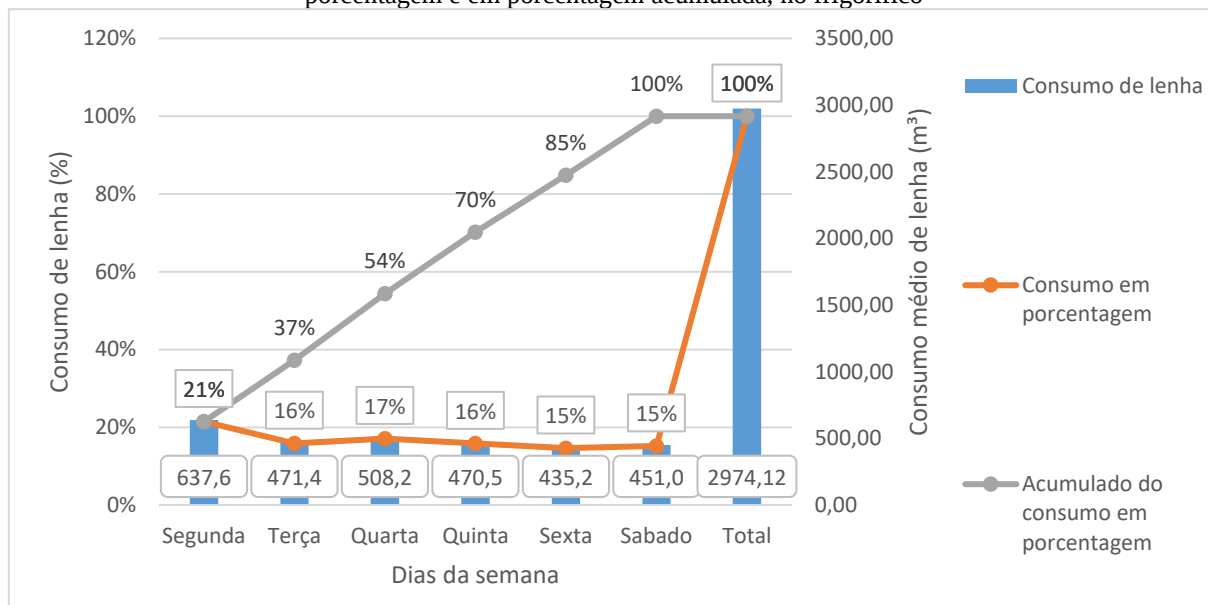


Fonte: Autor, 2022

O comportamento das equipes está dentro do esperado, confirmando que o padrão para abastecimento de lenha está sendo cumprido. O primeiro turno apresenta um consumo levemente menor por ser um período do dia mais quente e o terceiro turno, que é o da madrugada, consome mais pelo motivo oposto.

Uma análise também foi desenvolvida para os dias de semana, porém neste caso, foi possível utilizar a medição do almoxarifado, conforme é apresentado no gráfico da Figura 31. Foi feito exatamente o mesmo procedimento do gráfico anterior (Figura 30), gerando o m³ de lenha consumido acumulado e comparando as porcentagens.

Figura 31 - Gráfico consumo médio de lenha em m³ por dia da semana do mês de janeiro de 2022, em porcentagem e em porcentagem acumulada, no frigorífico



Fonte: Autor, 2022

Espera-se que segunda-feira apresente um consumo mais elevado do que os outros dias por conta da rampa de aquecimento das caldeiras, uma vez que elas são desligadas para a manutenção preventiva no domingo, portanto, este consumo também está dentro dos padrões esperados.

5.5.1.1.3 Histórico de manutenção

Neste momento da estratificação foi necessário fazer análises *in loco* e compará-las com os planos de manutenção. Foi inicialmente feito uma busca nos bancos de dados de manutenção para buscar as manutenções preventivas. As manutenções previstas nos planos estão demonstradas na Tabela 19, separadas por caldeira e com sua periodicidade.

Tabela 19 - Plano de manutenção preventiva das caldeiras Berkes e Bremer instaladas no frigorífico para o ano de 2021.

Caldeira Berkes		Caldeira Bremer	
Revisão motores de exaustão	Semestral	Revisão motores de exaustão	Semestral

NR 13 – Laudo de estanqueidade de vasos de pressão	Anual	NR 13 – Laudo de estanqueidade de vasos de pressão	Anual
Revisão bombas de água	Semestral	Revisão bombas de água	Semestral
Lubrificação dos bicos de graxa	Semanal	Lubrificação dos bicos de graxa	Semanal
Limpeza da caldeira	Semanal	Limpeza da caldeira	Semanal
Revisão compressor de óleo	Semestral		

Fonte: Autor, 2022.

A caldeira Berkes possui a revisão do compressor por ela possuir a alimentação de óleo em paralelo à queima de lenha.

Quando analisado se os planos estavam sendo executados de acordo com a periodicidade indicada foi encontrado que a manutenção estava irregular. A justificativa foi de que o número de mantenedores para realizar todos os serviços da área externa estava limitada, e a priorização era feita de acordo com a criticidade das manutenções corretivas.

Além dos planos de manutenção não estarem sendo executados corretamente, a vistoria *in loco* revelou pontos que impactam diretamente em rendimento e necessitam de uma ação de manutenção corretiva.

A Figura 32 ilustra o vazamento no topo do corpo da caldeira Bremer.

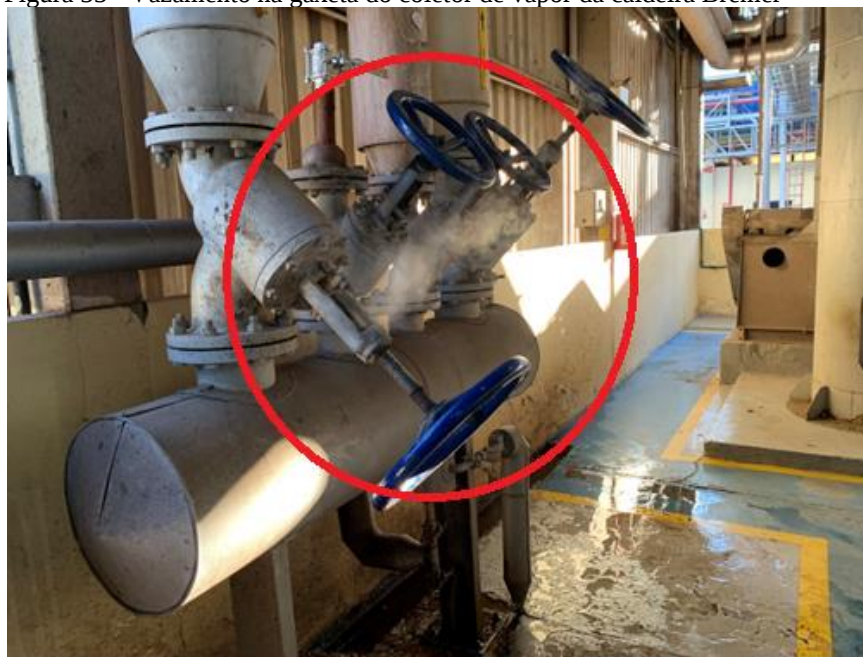
Figura 32 - Vazamento no corpo da caldeira Bremer.



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 33 mostra como estava a situação das válvulas do coletor de vapor da caldeira Bremer, todas elas apresentavam vazamentos de vapor e água quente nas gaxetas.

Figura 33 - Vazamento na gaxeta do coletor de vapor da caldeira Bremer



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 34 mostra as duas bombas responsáveis pela circulação de água da caldeira Bremer, ambas estavam sem manutenção preventiva, apresentavam ruídos indicadores de problemas no rolamento, alta vibração e temperatura.

Figura 34 - Bombas da caldeira Bremer que estavam sem dados de ultima manutenção preventiva e com alta vibração.



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 35 mostra o reservatório de água da caldeira Bremer com o isolamento deficiente, diminuindo a temperatura da água de alimentação para caldeira e a sua eficiência.

Figura 35 - Deficiência de isolamento no reservatório de água



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 36 ilustra a parte mais baixa da caldeira a gasogênio onde o vazamento das tubulações internas estava tão intenso que perfurou a caldeira e foi preciso o uso de uma bomba sapo para prevenir que a caldeira ficasse submersa.

Figura 36 - Vazamento caldeira Berkes



Fonte: Autor, 2022

Isolamento do corpo do gasogênio da caldeira Berkes estava completamente comprometido, ocasionando uma maior troca térmica com o ambiente e diminuindo a eficiência da caldeira conforme Figura 37.

Figura 37 - Isolamento deficiente caldeira Berkes



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 38 é possível verificar a tubulação comprometida da tubulação Berkes, ficando aberta, revelando a quantidade de cascas causadas pela dureza elevada da água. Estas cascas diminuem o fluxo de água da caldeira e ocasionam deterioração da caldeira e seus componentes.

Figura 38 - Tubulação da caldeira Berkes com cascas.



Fonte: Autor, 2022

Severos vazamentos estão ilustrados na Figura 39, estes são dentro do corpo do gasogênio, causando diminuição de eficiência e danos severos à caldeira e aos seus componentes.

Figura 39 - Vazamentos severos na tubulação do interior da caldeira Berkes



Fonte: Autor, 2022

A Figura 40 apresenta um vazamento acentuado na gaxeta da bomba de alimentação da central de higienização, desperdiçando a água quente e impactando no consumo de lenha.

Figura 40 - Vazamento na bomba da central de higienização no frigorífico.



Fonte: Autor, 2022

O vazamento do coletor de vapor da caldeira Berkes, conforme a Figura 41, encontrava-se da mesma forma que o da caldeira Bremer, com muito vazamento de vapor e água quente pela gaxeta.

Figura 41 - Vazamento coletor de vapor caldeira Berkes



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 42 é visível a bomba de alimentação da caldeira Berkes e logo abaixo dela uma quantidade considerável de água causado por um vazamento na junta, devido à falta de manutenção preventiva.

Figura 42 - Vazamento bomba de alimentação caldeira Berkes.



Fonte: Autor, 2022

A central de higienização apresentava uma válvula com ruptura ocasionando uma perda muito considerável de água quente como ilustrado na Figura 43.

Figura 43 - Vazamento válvula na central de higienização



Fonte: Autor, 2022

A falta da manutenção preventiva adequada acarreta em ineficiência energética, pois provoca um maior consumo de energia elétrica ou combustível, para se obter o mesmo resultado ou até um valor menor.

Esta deficiência da manutenção pode futuramente acarretar em problemas mais sérios e custosos para a empresa. Uma regularização das manutenções, portanto, traz benefícios no consumo e na vida útil das máquinas.

5.5.1.1.4 Efluentes e combustíveis

A indústria abatedora necessita de uma quantidade de água que pode variar entre 20 a 40 l por ave abatida. Por consequência gera efluentes que precisam de um tratamento específico para ser descartado e, neste caso, a indústria em questão utiliza o processo de flotação físico-químico.

O princípio é simples, remover a maior quantidade de sólidos contidas no efluente utilizando coagulantes, juntamente com as bolhas que são produzidas no fundo dos tanques de flotação para formar na superfície o lodo flotador. O lodo na superfície então é retirado por pás automatizadas e aquecido a 95°C. Passa por uma tridecanter que realiza a separação em 3 fases: lodo desidratado, óleo ácido (gordura) e água de resíduos.

A caldeira Berkes possui alimentação direta desse óleo ácido que é produzido na ETE, além do consumo da lenha de eucalipto que vem de fazenda própria ou de terceiros. A lenha e o lodo desidratado são utilizados na caldeira Bremer.

O consumo de óleo é feito de maneira direta e o único armazenamento é o reservatório, já mencionado anteriormente, que serve para medir o consumo diário e por turno.

A lenha de eucalipto é descarregada utilizando guias, como ilustrado na Figura 44. A lenha é separada por pilhas de aproximadamente 120 m³ e também por fornecimento, conforme a Figura 45. A lenha no pátio fica exposta ao clima.

Figura 44 - Grua descarregando lenha



Fonte: Autor, 2022.

Figura 45 - Lenha em pilhas no pátio



Fonte: Autor, 2022.

Com a intenção de diminuir a umidade da lenha foi realizado um experimento no início do mês de dezembro de 2021 até final de janeiro de 2022. onde foram separadas duas pilhas do mesmo fornecedor:

- Pilha 1 com umidade média de 48%;
- Pilha 2 com umidade média de 46%.

Observa-se que a Pilha 1 ficava exposta às mudanças climáticas, enquanto a Pilha 2 foi coberta com uma lona de PVC. O objetivo foi analisar, ao final do mês, qual teria a menor umidade, lembrando que para ambas não existe uma proteção da umidade do solo.

Ao final do mês de janeiro o resultado encontrado foi que a Pilha 1 apresentou umidade média de 42% e a Pilha 2 de 47% revelando que apesar de a lona PVC proteger dos dias chuvosos, ela também impede que o sol e o vento retirem a sua umidade, comprovando que a melhor situação é deixar exposta ao clima.

Para agilizar a alimentação da caldeira, a lenha é abastecida dentro da área da caldeira utilizando a grua. Para se ter uma medição correta do consumo por turno existem duas bases que cabem 8m³ de lenha em cada uma das caldeiras, como pode ser visto na Figura 46.

Figura 46 - Bases das caldeiras (suporte de lenha) Bremer e Berkes.



Fonte: Autor, 2022.

5.5.1.1.5 Pressão da linha

As duas linhas de vapor não possuem medidor de vazão, mas as medidas obtidas são de sua pressão. Cada uma das linhas possui um manômetro na saída da caldeira e antes de entrar na indústria. A Figura 47 apresenta o medidor de saída da caldeira e entrada do abatedouro, respectivamente, já a Figura 48 apresenta a saída da caldeira e a entrada da FFO, respectivamente.

Figura 47 - Medidores caldeira Bremer, à esquerda o manômetro que mede a pressão de saída da caldeira e o da direita mede a pressão de entrada do abatedouro.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 48 - Medidores caldeira Berkes, o da esquerda mede a pressão de saída da caldeira e o da direita a pressão na entrada da FFO.



Fonte: Autor, 2022.

Para a caldeira Bremer obteve-se por meio de experimentos, juntamente com a equipe de produção, que a pressão mínima ideal para funcionamento é de 3 kgf/cm². Como a distância da caldeira para a indústria é de 100 m, foi calculada uma pressão de geração maior que fica entre 3,5 e 5 Kgf/cm², para compensar as perdas de pressão no trajeto, garantindo, dessa forma, a pressão mínima ideal para a indústria.

A caldeira Bremer alimenta a FFO e precisa receber maior quantidade de vapor para realizar os serviços necessários. A distância entre os pontos é de 15 m, por isso, faz-se a conferência local para garantir que a pressão em ambos os pontos esteja mantida entre 7 e 8 Kgf/cm².

Todos esses fatores descritos, são problemas que contribuem para que haja um consumo maior da quantidade de lenha pelas caldeiras, para se obter as pressões de trabalho necessárias.

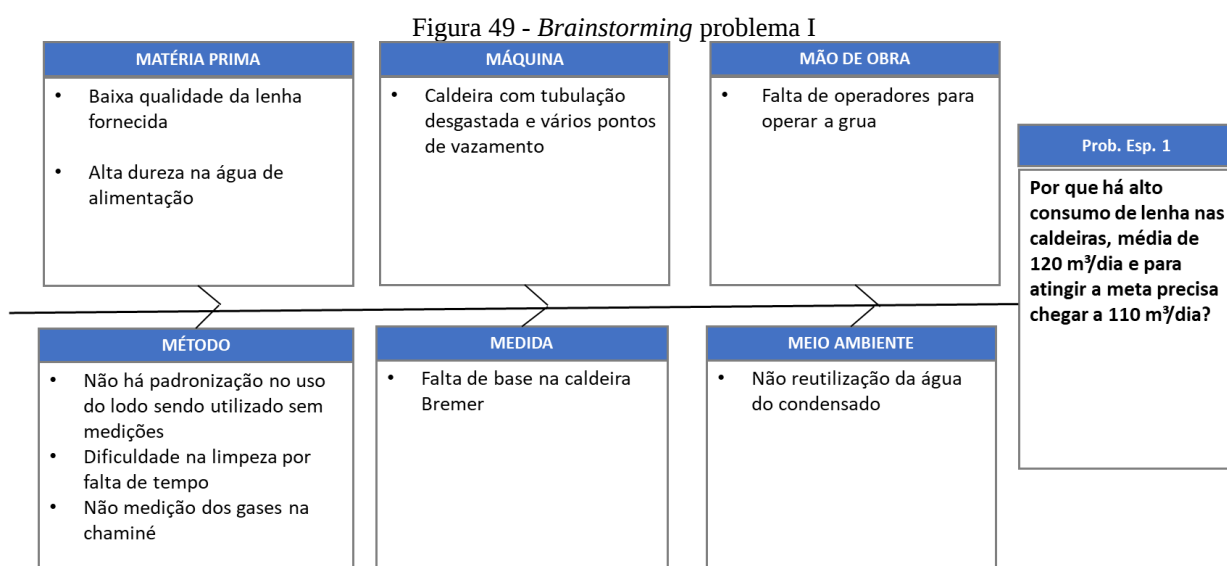
5.5.1.2 Brainstorming

Partindo da análise dos dados foi possível encontrar os problemas específicos para a meta de reduzir o indicador de kgComb/t. em pelo menos 4% até abril de 2022, sendo estes:

- I. alto consumo de lenha nas caldeiras, com média de 120 m³/dia e para se atingir a meta deve-se chegar a 110 m³ por dia;
- II. alto índice de vazamentos, quando o ideal é ter nenhum;
- III. perdas de eficiência na caldeira.

Foi realizado um *brainstorming* com a equipe para que se pudesse levantar ideias e buscar as possíveis causas raízes dos problemas, utilizando o diagrama de Ishikawa, presente na Figura 17.

Para o primeiro problema foram sugeridos alguns possíveis fatores das suas causas, apresentados na Figura 49. Com relação a matéria-prima foi observado que a água apresentava uma dureza muito alta, precisando de tratamento e que a lenha entregue pelos fornecedores estava com umidade maior do que as aceitáveis para a caldeira; a caldeira estava desgastada e com vários vazamentos; a grua possuía somente um funcionário por turno que sabia como operar e quando ele estava de folga era contratado um terceiro para o serviço; o lodo era acrescentado à caldeira de forma não padronizada; a limpeza semanal das caldeiras não era feita por completo, por não haver tempo suficiente; não existia uma medição de gases instantânea na chaminé; não existe base na caldeira Bremer tornando assim impossível a medição e o controle de consumo e o sistema de reutilização de água condensada estava inoperante.

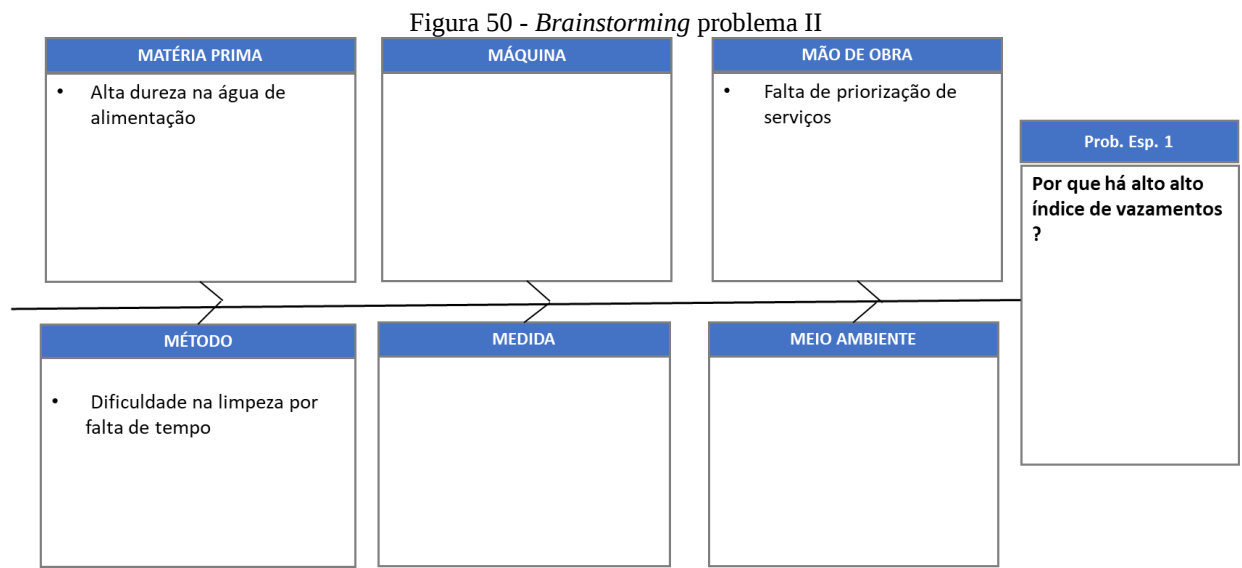


Fonte: Autor, 2022.

Como a falta da base da caldeira iria atrapalhar na medição da lenha, já foi realizada a sua implementação, com o intuito de criar um indicador para auxiliar na coleta de dados. Entretanto, por representar uma ação impactante para a caldeira, mesmo depois de executada, manteve-se no diagrama.

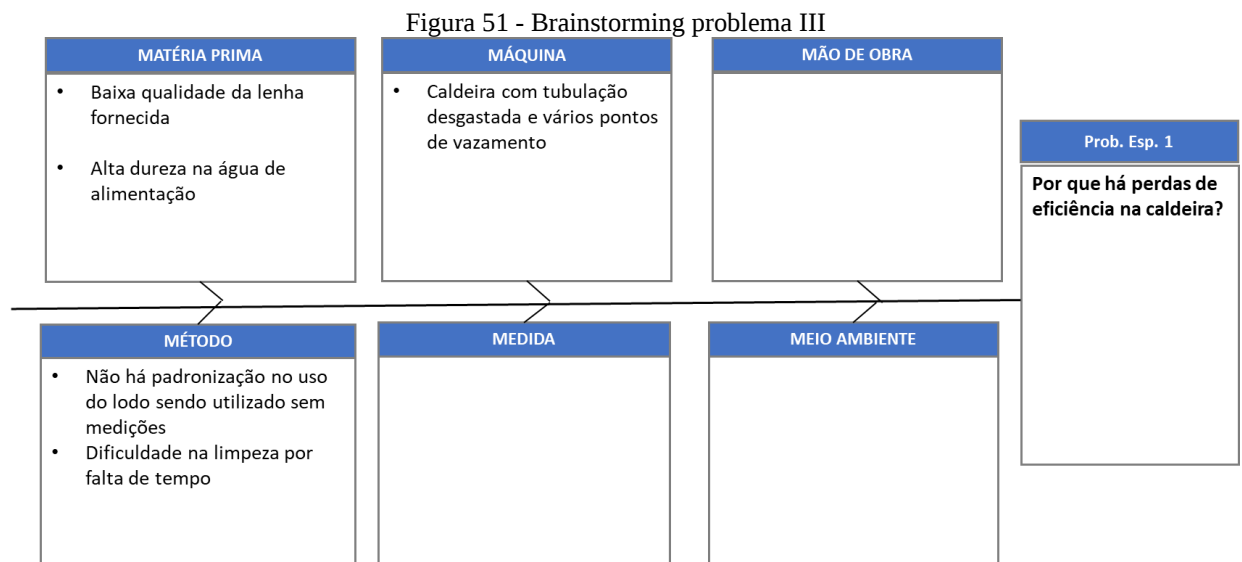
Para o problema II, que busca encontrar a causa do alto índice de vazamentos, alguns problemas encontrados na discussão do problema I continuam sendo impactantes também nesse problema, tais como a dureza na água de alimentação e a dificuldade de limpeza das caldeiras,

mas também foi levantada a falta de priorização nos serviços de manutenção, como é mostrado na Figura 50.



Fonte: Autor, 2022.

O problema III e, assim como os outros dois, apresenta a alta dureza da água e a dificuldade de limpeza como causas, mas também apresenta os problemas da tubulação desgastada, a alta umidade da lenha e a falta de padronização do lodo como apresentado na Figura 51.



Fonte: Autor, 2022.

5.5.1.3 Causas mais prováveis

Para a definição das causas mais prováveis foi feita uma análise dos dados obtidos com todos os envolvidos com o processo do sistema de vapor, uma vez que durante o *brainstorming* as causas foram levantadas baseada no que cada profissional acreditava ser a causa, de acordo com sua experiência.

A conclusão das causas do problema I está apresentada na Tabela 20, sendo que na segunda coluna foram expostas as hipóteses levantadas na fase do *brainstorming*, na terceira coluna está a conclusão do motivo com base em dados coletados e a última coluna está o julgamento que poderia ser: muito provável, provável ou pouco provável.

Tabela 20 – Análise por *brainstorming* de causas mais prováveis problema I - alto consumo de lenha na caldeira.

ID	Causas Influentes/Hipóteses	Conclusão	Julgamento
1	Baixa qualidade da lenha fornecida	Observou-se que a lenha fornecida pelos terceiros tem em média 35% de umidade e a própria de 45% quando o ideal para a caldeira seria de 30% (Berkes) e 40% (Bremer)	Muito provável
2	Dureza na água de alimentação	Durante a inspeção dos tubos foi observado que não estavam sendo feitos os métodos propostos pela análise da água ² , o que trouxe muitas incrustações na tubulação	Muito provável
3	Caldeira com tubulação desgastada e vários pontos de vazamento	Com os vazamentos de água e vapor é preciso mais energia calorífica para gerar a mesma pressão e temperatura	Muito provável
4	Falta de operadores para operar a grua	São contratados terceiros para operar a grua, sendo um impacto financeiro para a indústria, mas não no indicador	Pouco provável
5	Não há padronização no uso do lodo, sendo utilizado sem medições	O lodo é alimentado por pás não existindo padrão e ficando decantado no chão da caldeira sem sua queima total	Muito provável
6	Dificuldade na limpeza da caldeira por falta de tempo	A caldeira parava somente com um dia para manutenção e às vezes ficava sem limpeza	Muito provável
7	Não medição instantânea dos gases na chaminé	Medição instantânea dos gases alerta sobre o rendimento da combustão em tempo real, auxiliando fortemente no rendimento da caldeira	Provável
8	Falta de base na caldeira Bremer	Falta de padronização impede a noção do consumo	Muito provável
9	Não reutilização da água do condensado	A água do condensado era enviada a um reservatório e não estava sendo utilizada	Muito provável

Fonte: Autor, 2022.

Analisando mais detalhadamente a Tabela 20, a hipótese número 1 foi confirmada com as medições de umidade realizadas nas lenhas, número 2 foi necessário a comprovação por um relatório elaborado por uma empresa que realiza análise de água para caldeiras, número 4 foi

² Análise de água para caldeiras em indústrias com intuito de analisar a qualidade da água e sugerir soluções de tratamento a fim de evitar problemas como formação de depósitos, corrosão e incrustações.

considerada pouco provável por não ser uma falta de mão de obra e sim a necessidade de contratação de terceiros para o serviço, número 7 foi considerada uma melhoria estrutural de eficiência energética e certamente trará benefícios mas não é algo que atrapalhe o funcionamento atual, número 9 se trata de uma melhoria feita a alguns anos atrás que não havia sido completada e estava completamente inoperante, as de número 3, 5, 6, 8 foram comprovadas *in loco*.

A Tabela 21 confirma que a hipótese número 1 é a causa mais provável do problema de alto índice de vazamentos (Problema II), concluindo que o número de manutentores da área externa é pequena para a demanda, sendo comprovada pela quantidade de ordens de serviço atrasadas dentro do plano de manutenção; a de número 2 e 3 afetam diretamente a eficiência da caldeira, mas foi analisado no *brainstorming* que apesar de relevantes, não tem impacto relevante no problema II.

Tabela 21 - Análise por *brainstorming* de causas mais prováveis problema II - alto índice de vazamentos

ID	Causas Influentes/Hipóteses	Conclusão	Julgamento
1	Falta de priorização de serviços	Existe uma demanda muito grande de serviço para os manutentores externos e acabam atacando mais as manutenções corretivas	Muito provável
2	Dureza na água de alimentação	Durante a inspeção dos tubos foi observado que não estava sendo feito os métodos propostos pela análise de água ¹ , o que trouxe muitas incrustações na tubulação	provável
3	Dificuldade na limpeza por falta de tempo	A caldeira com um dia para manutenção, algumas vezes ficava sem limpeza	provável

Fonte: Autor, 2022.

A Tabela 22 apresenta, com base nos dados obtidos, as hipóteses de causas raízes para o problema III. Todos os pontos são causas prováveis com exceção da falta de operadores, que como observado anteriormente, é um impacto financeiro e não operacional.

Tabela 22 – Análise por *brainstorming* de causas mais prováveis problema III - perdas de eficiência na caldeira

ID	Causas Influentes/Hipóteses	Conclusão	Julgamento
1	Baixa qualidade da lenha fornecida	Observou-se que a lenha fornecida pelos terceiros tem em média 35 % de umidade e a própria de 45%, quando o ideal para a caldeira seria de 30% (Berkes) e 40% (Bremer)	Muito provável
2	Dureza na água de alimentação	Durante a inspeção dos tubos do sistema de vapor foi observado que não estava sendo feito os métodos	Muito provável

		propostos pela análise da água, o que trouxe muitas incrustações na tubulação	
3	Caldeira com tubulação desgastada e vários pontos de vazamento	Com os vazamentos de água e vapor é preciso mais energia calorífica para gerar a mesma pressão e temperatura	Muito provável
4	Falta de operadores para operar a grua	São contratados terceiros para operar a grua, impacto financeiro, mas não no indicador	Pouco provável
5	Dificuldade na limpeza por falta de tempo	A caldeira somente com um dia para manutenção algumas vezes fica sem limpeza	Muito provável

Por conta do tempo e recursos financeiros foram focadas as causas consideradas “muito provável”.

5.5.1.4 Análise das hipóteses

Após a escolha das causas raízes mais prováveis, o próximo passo foi fazer um experimento para comprovação das hipóteses. A Tabela 23 relaciona todas as causas raízes que foram consideradas como “muito provável” com testes propostos, a fim de comprovar a relação com os problemas encontrados.

A baixa qualidade da lenha foi testada utilizando os dados coletados com o medidor de umidade e confirmado que a umidade média está em 35% e 45% e não atende completamente a necessidade das caldeiras de 30% para a Berkes e 40% para a Bremer.

A tubulação desgastada da caldeira foi comprovada *in loco* juntamente com a dificuldade de limpeza, a falta de base nas caldeiras, o uso do lodo e a reutilização da água do condensado, verificando vazamentos fora e dentro da caldeira. Também foram realizadas visitas técnicas aos domingos para verificar como era realizada a limpeza das caldeiras.

Confirmou-se à falta de padronização da quantidade de lenha, por não existir uma base para o seu abastecimento. Verificou-se também como era realizada a alimentação de lenha nos 3 turnos. Dessa forma, confirmou-se todos os problemas levantados como causa de menor eficiência no sistema de vapor.

Para a dureza da água foram analisados os laudos de qualidade da água, que são realizados mensalmente. Neles, além de estarem evidenciando os valores ótimos para o trabalho da caldeira, também explicam o tratamento que deve ser realizado para que chegue a estes valores. Observou-se que estes laudos, por serem entregues somente por uma plataforma virtual, podem não terem sido visualizados ou seguidos.

Para comprovar a falta de priorização de serviços, o teste proposto foi analisar o histórico de programações semanais e quantos serviços estavam em *backlog* (lista de serviços atrasados pendentes). Verificou-se que em todas as semanas o *backlog* aumentava porque havia uma priorização de serviços voltados apenas para os pontos mais críticos.

Para verificar o teste da medição instantânea dos gases da chaminé foi proposto entrar em contato com uma outra unidade, com ambientes parecidos que fazem uso dessa tecnologia, além do contato com um representante do equipamento. Como resultado o fabricante garante 10% de melhora na eficiência do consumo e a unidade parceira obteve aproximadamente 20% de melhoria.

Tabela 23 – Análise de hipóteses

Causas “muito prováveis”	Teste proposto	Objetivo do teste	Resultado
Baixa qualidade da lenha fornecida	Verificar nos 2 fornecedores as umidades das lenhas	Verificar a umidade da lenha fornecida	Confirmada umidade média de 35% até 45%
Caldeira com tubulação desgastada e vários pontos de vazamento	Busca por vazamentos nas linhas de vapor	Verificar vazamentos em toda a linha de vapor	Confirmado vários vazamentos dentro e fora da caldeira
Dificuldade na limpeza por falta de tempo	Visita técnica aos domingos para verificar	Verificar junto ao líder da caldeira se a limpeza é realizada	A limpeza é realizada de forma superficial e somente uma caldeira por domingo
Dureza na água de alimentação	Verificar laudos de análise de água	Verificar resultados dos laudos de análise da água	Confirmado alta dureza na água
Falta de base na caldeira Bremer	Verificação <i>in loco</i>	Visualizar quanto de lenha é utilizado na Bremer	Confirmado
Falta de priorização de serviços	Verificar as programações que são feitas para os domingos	Verificar as manutenções de domingo para analisar quais as prioridades do setor externo	Muito serviço entra em <i>backlog</i> por ter uma demanda muito grande
Não há padronização no uso do lodo sendo utilizado sem medições	Acompanhar alimentação de lodo por operador e por turno	Verificar se está padronizado a alimentação com lodo	Confirmado, cada operador utiliza a quantidade que acha apropriada
Não medição instantânea dos gases na chaminé	Entrar em contato com representante e outra unidade que utiliza	Observar o impacto em outras unidades no consumo de lenha	Confirmado com outras unidades melhoria em até 20% no consumo
Não reutilização da água do condensado	Verificação <i>in loco</i>	Verificar onde a água do condensado está sendo utilizada e qual sua temperatura	Água somente é usada para limpeza da FFO e ela chega a uma média temperatura de 90°C

Fonte: Autor, 2022.

5.5.1.5 Teste dos “por quês”

Confirmadas as hipóteses e descartadas as hipóteses “provável” e “pouco provável” é realizado o teste dos “por quês” para encontrar a causa fundamental. O teste proposto nesta etapa foi realizado até não existir mais pergunta a ser feita:

- Por que a lenha fornecida é de baixa qualidade?
 - Não é feita a medição de umidade de acordo com o fornecimento e, portanto, não é cobrado do fornecedor, por quê?
 - Falta de rotina e pessoa responsável.
- Por que a dureza está alta na água de alimentação?
 - Não é tratado de acordo com a análise da água, por quê?
 - Não é analisado o resultado mensal, por quê?
 - Não há uma pessoa responsável por passar os dados.
- Por que a caldeira está com tubulação desgastada e vários pontos de vazamento?
 - Desgaste pelo tempo e uso, por quê?
 - Não houve priorização nas manutenções preventivas.
- Por que não há padronização no uso do lodo sendo utilizado sem medições?
 - Não existe um padrão usado, por quê?
 - Não é uma prática em todas as unidades, por quê?
 - Não são todas as unidades que produzem lodo para queima.
- Por que não tem tempo para a limpeza da caldeira?
 - O produto precisa de mais de 24 horas para fazer efeito e não há tempo, por quê?
 - O abate funciona 24 horas por dia parando somente por 22 horas de sábado para domingo (sem contar a rampa), por quê?
 - Por conta do horário de ação do produto e o tempo que a caldeira está desligada.
- Por que não existe medição instantânea dos gases na chaminé?
 - Não é requisito ambiental ou de operação.
- Por que não possui base de alimentação nas caldeiras?
 - Não é uma prática padronizada.
- Por que não é reutilizado a água do condensado?

- Foi iniciado um projeto que não foi concluído, por quê?
 - Falta de orçamento
- Por que os serviços não são priorizados?
 - A quantidade de serviços é maior do que a quantidade de homem/hora disponível

Feito o teste é encontrado as causas fundamentais dos problemas, ficando mais claro na Tabela 24 que relaciona diretamente as causas com suas causas raízes.

Tabela 24 - Relação causas e causas raízes

Causa	Causas raízes
A lenha fornecida é de baixa qualidade	Falta de rotina e pessoa responsável
A dureza está alta na água de alimentação	Não há uma pessoa responsável por passar os dados
A caldeira está com tubulação desgastada e vários pontos de vazamento	Não houve priorização nas manutenções preventivas
Não há padronização no uso do lodo sendo utilizado sem medições	Não são todas as unidades que produzem lodo para queima
Não tem tempo para a limpeza da caldeira	Por conta do horário de ação do produto e o tempo que a caldeira está desligada
Não existe medição instantânea dos gases na chaminé	Não é requisito ambiental ou de operação
Não possui base de alimentação nas caldeiras	Não é uma prática padronizada
Não é reutilizado a água do condensado	Falta de orçamento
Os serviços não são priorizados	A quantidade de serviços é maior do que a quantidade de homem/hora disponível

Fonte: Autor, 2022.

5.5.1.6 Estratégia de ação

Entendendo as causas raízes, foi proposto uma estratégia de ação considerando o custo, o tempo de implementação, e se surgiria algum problema em decorrência da implementação e se solucionaria o efeito ou a causa do problema.

A estratégia apresentada na Tabela 25 não apresenta nenhum problema decorrente, ou seja, é uma ação que não cria uma alteração no processo. Todas as ações estão previstas para serem feitas dentro do prazo, algumas ações não apresentam impacto financeiro e outras precisam de mais atenção quanto ao seu custo.

Tabela 25 - Estratégias de ação

Causa	Ação Proposta	No Efeito ou na Causa?	Apresentará outro efeito indesejado	Tempo para Implantação	Custo Estimado
Baixa qualidade da lenha fornecida	Entrar em acordo com o fornecedor sobre a umidade da lenha	Causa	NÃO	10/03/2022	-
Dureza na água de alimentação	Seguir análise para tratamento de água e descarga de fundo	Causa	NÃO	15/02/2022	-

Caldeira com tubulação desgastada e vários pontos de vazamento	Trocar tubulação interna da caldeira e sanar vazamentos na linha	Causa	NÃO	01/03/2022	R\$4.000,00
Não há padronização no uso do lodo sendo utilizado sem medições	Reativar moega de lodo	Efeito	NÃO	30/03/2022	R\$8.000,00
Dificuldade na limpeza por falta de tempo	Combinar com o corporativo que em alguns finais de semana a FFO precisa parar na sexta feira	Causa	SIM	20/02/2022	-
Não medição instantânea dos gases na chaminé	Automatizar caldeira e instalar medidor de gases	Efeito	NÃO	30/03/2022	R\$60.000,00
Falta de base nas caldeiras	Confecção de base para as caldeiras	Efeito	NÃO	01/01/2022	-
Não reutilização da água do condensado	Ligar o reservatório de condensado na central de higienização do abate	Efeito	NÃO	25/03/2022	R\$20.000,00
TOTAL DE GASTO					R\$92.000,00

Fonte: Autor, 2022.

Algumas das causas não possuem custo estimado por não haver gasto nenhum no processo, a qualidade da lenha está inclusa em contrato com a empresa terceirizada, assim como o tratamento da água, além disso, a base da caldeira foi construída com materiais reciclados pelos próprios manutentores e a matéria-prima que seria produzida na FFO é armazenada para continuar a produção durante a semana.

Os custos de automatizar a caldeira, restaurar a sua tubulação, revitalizar a moega e ligar o reservatório à central de higienização, foram baseados em orçamentos de terceiros.

Por não existirem efeitos colaterais não foi necessária nenhuma ação complementar e também não existem estratégias concorrentes para a mesma causa raiz, dispensando assim a necessidade de um teste de viabilidade para analisar se o efeito colateral valeria a pena.

5.5.1.6.1 Análise econômica

Para fins de apresentação de viabilidade econômica e aprovação de gastos foi analisado o VPL(valor presente líquido), TIR(taxa interna de retorno) e o *payback* simples da aplicação das ações previstas no PDCA que necessitam custo de implementação, sendo dividida em 3 cenários, o primeiro com todas as medidas implantadas (R\$92.000,00), o segundo cenário com excluindo somente a automatização das caldeiras (R\$32.000,00) e o último cenário utilizando a moega de lodo e a reutilização da água condensada (R\$12.000,00), a análise foi feita usando a taxa Selic de 13,75% a.a..

A Tabela 26 mostra o cenário econômico de investimento e retorno monetário de realizar as 4 ações com investimento de R\$92.000,00, reativação da moega de logo, reparo na tubulação da caldeira, integração do reservatório de condensado à central de higienização e a

automatização da caldeira, também apresenta a vida útil estimada da ação tendo como base a experiência dos operadores da caldeira e de outras unidades que aplicaram a mesma solução, a porcentagem de economia de lenha foi estipulada com base em dados do fabricante, que é o caso da automatização da caldeira, por amostragem depois da aplicação da ação (trocar tubulação e conectar o reservatório do condensado) e por último a moega de lodo foi baseado em experiência de outras unidades. A conta foi feita utilizando uma previsão no aumento no custo de lenha de 1,15% a.a. o que resultou em uma soma de VP de R\$ 6.640.650,65 em 15 anos, com a taxa Selic de 13,75% a.a. então foi estimado em cima desse valor de VP quanto seria o valor em 15 anos do VPL, o TIR de 5,21 mostra uma taxa de retorno excelente junto com o *payback* de 3 meses apesar do alto investimento inicial. Vale ressaltar que não foi incluso os valores de manutenção preventiva das peças uma vez que em comparação com o retorno financeiro ele é um valor insignificante.

Tabela 26 - Análise econômica cenário 1

CENÁRIO 1	Ações previstas e economia	Ações	Trocar tubulação interna da caldeira e sanar vazamentos na linha	Reativar moega de lodo	Automatizar caldeira e instalar medidor de gases	Ligar o reservatório de condensado na central de higienização do abate
		Valor da implementação (R\$)	R\$ 4.000,00	R\$ 8.000,00	R\$ 60.000,00	R\$ 20.000,00
		Vida útil estimada da implantação	15 anos	15 anos	15 anos	15 anos
		porcentagem de economia de lenha	5%	1%	10%	0%
		Economia de lenha [m³]	1875,23	187,52	3750,47	18,75
		Economia de lenha [R\$]	R\$ 149.831,08	R\$ 14.983,11	R\$ 299.662,15	R\$ 1.498,31
	Retorno financeiro	SOMA VP (ANO 1 A 15)	R\$ 6.640.650,65			
		VPL PROJETO	R\$ 5.745.934,64			
		TIR	5,21			
		TAXA DE LUCRATIVIDADE	240,99			
		TEMPO DE PAYBACK (MESES)	2,37			

Fonte: Autor, 2022.

No cenário 2 apresentado na Tabela 27 com um investimento mais modesto mostra um retorno financeira no mesmo tempo de 3 meses com um TIR de 5,23, isso se dá ao fato de que a ação que tem maior economia de lenha não é considerada nesse cenário. Este foi o cenário realizado neste projeto.

Tabela 27 - Análise econômica cenário 2

CENÁRIO 2	Ações previstas e economia	Ações	Trocar tubulação interna da caldeira e sanar vazamentos na linha	Reativar moega de lodo	Automatizar caldeira e instalar medidor de gases	Ligar o reservatório de condensado na central de higienização do abate
		Valor da implementação (R\$)	R\$ 4.000,00	R\$ 8.000,00	-	R\$ 20.000,00
		Vida útil estimada da implantação	15 anos	15 anos	-	15 anos
		porcentagem de economia de lenha	5,00%	0,50%	-	0,05%
		Economia de lenha [m ³]	1875,23	187,52	-	18,75
		Economia de lenha [R\$]	R\$ 149.831,08	R\$ 14.983,11	-	R\$ 1.498,31
	Retorno financeiro	SOMA VP (ANO 1 A 15)	R\$ 2.370.139,13			
		VPL PROJETO	R\$ 2.051.638,80			
		TIR	5,35			
		TAXA DE LUCRATIVIDADE	247,29			
		TEMPO DE PAYBACK (MESES)	2,31			

Fonte: Autor, 2022.

Já o cenário 3 da Tabela 28 não utiliza um alto investimento com uma economia que traz um *payback* em 7 meses e um TIR de 1,94, mostrando que até com pouco investimento é possível um retorno rápido e uma melhoria considerável no consumo de lenha apresentando um VPL de R\$ 2.052.867,16.

Tabela 28 - Análise econômica cenário 3

CENARIO 3	Ações previstas e economia	Ações	Trocar tubulação interna da caldeira e sanar vazamentos na linha	Reativar moega de lodo	Automatizar caldeira e instalar medidor de gases	Ligar o reservatório de condensado na central de higienização do abate
		Valor da implementação (R\$)	R\$ 4.000,00	R\$ 8.000,00	-	-
		Vida útil estimada da implantação	15 anos	15 anos	-	-
		porcentagem de economia de lenha	5%	1%	-	-
		Economia de lenha [m³]	1875,23	187,52	-	-
		Economia de lenha [R\$]	R\$ 149.831,08	R\$ 14.983,11	-	-
	Retorno financeiro	SOMA VP (ANO 1 A 15)	R\$ 2.348.786,39			
		VPL PROJETO	R\$ 2.052.867,16			
		TIR	1,94			
		TAXA DE LUCRATIVIDADE	653,49			
		TEMPO DE PAYBACK (MESES)	6,70			

Fonte: Autor, 2022.

A melhor proposta de todos os três cenários é o primeiro apresentado, com o melhor VPL de projeto. Isto ocorre porque, apesar de ser o maior investimento, é o que proporciona maior economia de lenha, que é um insumo de elevado valor financeiro para a empresa. Entretanto, qualquer uma das proposições já apresenta um bom retorno financeiro, com o tempo de retorno de investimento bastante pequeno (menor que um ano). Recomenda-se, portanto, fazer todas as medidas indicadas. Percebe-se que a manutenção corretiva e preventiva é primordial na eficiência energética do Sistema de Vapor.

Nota-se ainda que apesar da TIR de todos os projetos serem mais baixa que a taxa CELIC, ainda assim é indicado fazer estas alterações, já que os outros indicadores são bastante positivos. Além do ganho ambiental de não se gastar lenha de forma desnecessária, degradando o meio ambiente, além de se queimar mais lenha e gerar mais carbono no ambiente.

5.5.1.7 5W2H

A estratégia de ação deve ser apresentada para as lideranças das indústrias e após apuração e análise de custo benefício, filtragem e aprovação foi apresentado o plano de ação com a aplicação da ferramenta 5W2H, que responde as seguintes perguntas: O que? Quem? Quando? Por que? Onde? Como? Quanto? E adicionalmente foi inserido o impacto da solução no sistema.

Isso é apresentado na Tabela 29 onde somente uma ação proposta na estratégia não foi aceita, que é a implementação do sistema de análise instantâneo de gases devido ao custo ser mais elevado. Na Tabela 29 também foi descrita a data planejada para execução do serviço e comparou-se com o que é executado na realidade.

Tabela 29 - Plano de ação para a diminuição do consumo de lenho no frigorífico

O que	Quem	Quando		Porque	Onde	Como	Quanto	Impacto
		Plan	Real					
Entrar em acordo com o fornecedor sobre a umidade da lenha	Financeiro	10/mar	10/mar	Garantir eficiência da caldeira	Administrativo	Comunicação formal	-	Maior rendimento da lenha
Seguir análise para tratamento de água e descarga de fundo	Supervisor de utilidades	15/fev	01/fev	Garantir qualidade da água	Água de alimentação	Aplicação de produtos e descarga de fundo	-	Manutenção preventiva e melhores condições
Trocar tubulação interna da caldeira e sanar vazamentos na linha	Líder da caldeira	01/mar	06/mar	Garantir eficiência da caldeira	Caldeira interna	Solda e corte	R\$4.000,00	Manutenção corretiva e melhor rendimento
Reativar moega de lodo	Responsável pelo projeto	30/mar	-	Melhorar rendimento do lodo	Oficina externa	Verificação estrutural de componentes	R\$8.000,00	Maior rendimento do lodo
Combinar com o corporativo que em alguns finais de semana a FFO precisa parar na sexta feira	Gerente de manutenção	20/fev	11/fev	Garantir a manutenção o estrutural da caldeira	Corporativo	Comunicação formal	-	A matéria prima é separada para ser produzida durante a semana
Confecção de base para as caldeiras	Responsável pelo projeto	10/jan	01/jan	Medição de lenha	Oficina externa	Solda e corte com materiais internos	-	Controle de consumo de lenha
Ligar o reservatório de condensado na central de higienização do abate	Supervisor de utilidades	25/mar	20/abr	Aumentar a sustentabilidade, diminuir consumo de água e lenha	Central de higienização	Terceiros para instalação de válvula e tubulação	R\$ 20.000	Vantagens ambientais e em rendimento de lenha

Fonte: Autor, 2022.

Com isso a etapa de planejamento está completa e poderá seguir para a etapa de ação do PDCA, onde devem ser implantadas as ações previstas.

5.5.2 Ação

O plano de ação elaborado com os responsáveis e suas datas foi colocado em prática, lembrando que houve um acompanhamento contínuo dos serviços para que se evitasse que as ações ficassem atrasadas.

5.5.2.1 Fornecedor de lenha

Como foi evidenciado nas análises e no *brainstorming* a lenha não estava chegando em boas condições para a caldeira. Como havia um contrato com os fornecedores de lenha com definição de algumas características que a lenha deveria ter, foi verificado como estava sendo entregue e conversado com os fornecedores para que essas características fossem cumpridas. Não foi necessário nenhum investimento e esta ação foi cumprida dentro da data esperada.

Além de mostrar aos fornecedores de lenha que o que foi estabelecido em contrato não estava sendo cumprido, o líder da caldeira deixou um operador responsável para realizar a medição assim que a lenha chegasse ao pátio. Caso a lenha estivesse com umidade acima de 38% haveria diminuição no valor pago pelo m³ de lenha.

5.5.2.2 Tratamento de água e descarga de fundo

Como mencionado anteriormente, existe uma empresa que realiza o trabalho de análise da água da caldeira e além de comparar os resultados reais com o padrão, ela auxilia no tratamento da água e no controle da descarga de fundo. Os resultados são lançados *on-line* e não estava sendo acompanhado. Dessa forma, o supervisor de utilidades ficou encarregado de repassar estes resultados todo mês, sendo esta ação resolvida dentro do prazo.

5.5.2.3 Tubulação da caldeira e na linha

Esta ação ficou para o líder da caldeira gerenciar e foi necessário contratar uma empresa especializada em caldeiras, com treinamento para solda e espaço confinado que tivesse propriedade para executar o serviço dentro da caldeira.

A empresa separou o serviço em etapas, uma vez que teriam das 5h00min até as 15h00min de domingo para realizar o trabalho, sem impactar na produtividade. Foram ao todo três semanas de trabalho para trocar toda a tubulação danificada de dentro da caldeira, como mostra a Figura 52.

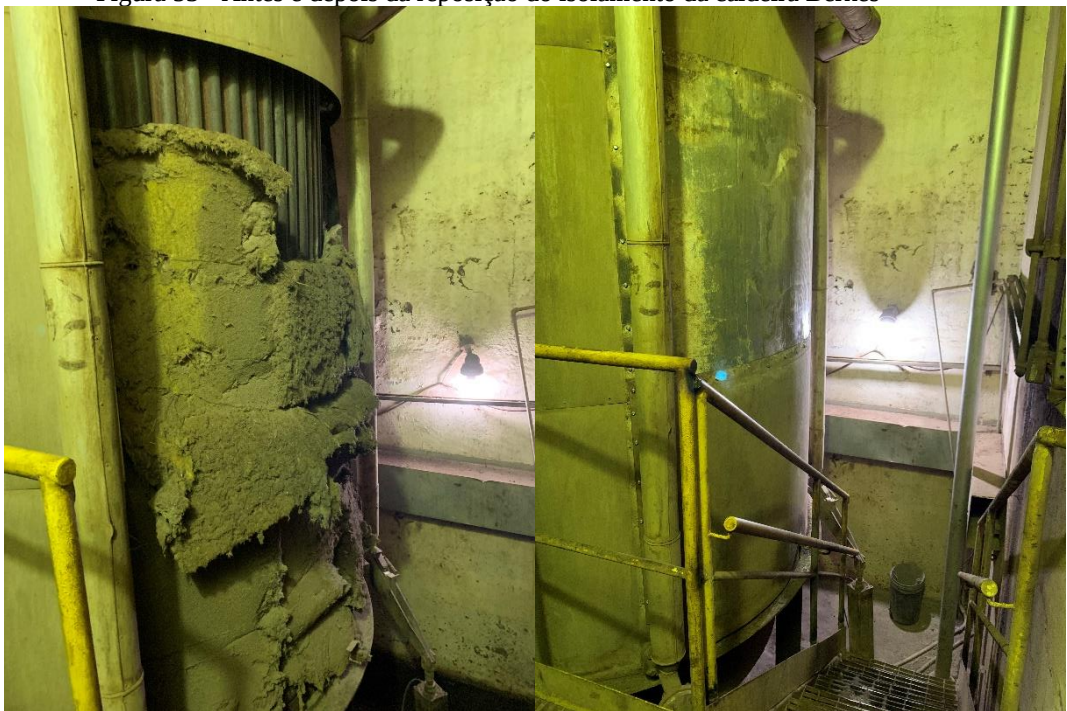
Figura 52 - Vazamento tubulação caldeira Berkes.



Fonte: Autor, 2022.

O isolamento da caldeira e do reservatório de água foram refeitos com a equipe de manutenção interna, enquanto era feita a troca da tubulação interna como mostra o antes e depois da Figura 53.

Figura 53 - Antes e depois da reposição do isolamento da caldeira Berkes



Fonte: Autor, 2022.

Os vazamentos nos coletores de vapor foram resolvidos realizando a troca da gaxeta de vedação e a revisão da bomba de água de alimentação, que foi concluída pelos manutentores internos e o resultado do antes e depois dos coletores pode ser visto na Figura 54.

Figura 54 - Antes e depois coletor de vapor caldeira Bremer



Fonte: Autor, 2022.

Foi requisitado para a empresa terceirizada que corrigisse o problema de vazamento no topo da caldeira.



Fonte: Autor, 2022.

5.5.2.4 Moega de lodo

A alimentação pelo consumo de lodo só pôde ser realizada na caldeira Bremer, por não ser do tipo gasogênio. Inicialmente o lodo produzido na ETE pela *tridecanter* estava sendo adicionado na caldeira por pás, em um número de vezes que cada operador acreditava ser

suficiente. A Figura 55 mostra a caldeira sendo alimentada com a combinação de lenha mais lodo, não sendo padronizada.

Figura 55 - Alimentação de lodo na caldeira Bremer



Fonte: Autor, 2022.

Para solucionar o problema de padronização utilizou-se uma pequena moega, que antes da expansão da casa de caldeiras, era usada para fazer a alimentação de lodo para esta mesma caldeira e que estava armazenada em um depósito do frigorífico, como pode ser visto na Figura 56.

Figura 56 - Moega de lodo



Fonte: Autor, 2022.

A moega ficou muitos anos sem funcionamento e precisou de revisão nos motores e no helicóide. Para isto precisou de rolamentos específicos que a indústria não possuía, além de serviços de torno que foram terceirizados. Por estes motivos esta ação não foi realizada dentro do prazo.

5.5.2.5 Período de desativação da FFO

A FFO é para a empresa, somando o custo de matéria-prima, pessoas e preço final de produto, mais lucrativa do que o próprio abate e processamento de aves. Na visão de consumo de vapor, a fábrica de farinha consome o suficiente para ter uma caldeira exclusiva para sua operação. Solicitar, portanto, sua parada mesmo que com a justificativa de realizar a manutenção preventiva das caldeiras requer uma autorização superior.

O responsável pela ação é o gerente de manutenção da unidade, que coincidentemente é também gerente da FFO, requisitou uma reunião com os gerentes regionais de ambos os setores e explicou a situação que se encontrava as caldeiras com relação a sua limpeza semanal, que não estava sendo realizada corretamente e com seu consumo pouco eficiente de lenha.

Depois da argumentação com os gerentes regionais, foi acordado que uma vez por mês a FFO poderia parar de sexta-feira à tarde até domingo às 22h00min. Dessa forma, seria possível a utilização do produto que necessita de 24 horas para fazer a limpeza eficaz das caldeiras, e a diminuição do *backlog* da fábrica. Quanto ao produto que deveria ser produzido na FFO, este será guardado para ser produzido durante a. Esta é mais uma ação que foi realizada dentro do prazo.

5.5.2.6 Base para as caldeiras

No plano de ação estava previsto que seria projetado uma base para as caldeiras (suporte de lenha) para que houvesse uma quantificação mais exata do gasto de lenha e uma forma mais adequada de medição.

Essas bases para as caldeiras foram implementadas antes do desenvolvimento do plano de ação. Isso ocorreu, porque a empresa necessitou que essa base já estivesse sendo usada anteriormente no processo produtivo.

O projeto da base da caldeira que foi instalado seguiu a orientação da equipe de engenharia e o seu gasto foi quantificado nessa etapa de execução do plano de ação sendo, portanto, concluída dentro do cronograma. Ambas as bases foram confeccionadas com tubos de aço galvanizado e com capacidade de 8 m³ cada.

5.5.2.7 Central de higienização do abate

Como mencionado, a água que é condensada depois do processo de utilização de vapor vai para um reservatório. Anos atrás foi construído este reservatório com a ideia de utilizar a água que está mais quente para ser enviada para a caldeira, tornando o processo mais eficiente

e ao mesmo tempo, economizaria água. O projeto não foi concluído por questões financeiras, mas havia sido realizado 95% da tubulação, faltando somente a conexão com o reservatório atual. Para completar esta ação foi contratada uma empresa para realizar a finalização da ligação.

A Figura 57 identifica como foi encontrada a tubulação na retomada do projeto. Já a Figura 58 mostra o reservatório de condensado construído e recebendo a água de retorno. Inicialmente esta água que ficava aproximadamente com 60 °C estava sendo utilizada somente para a limpeza da fábrica.

Figura 57 - Atualização de linha não finalizada



Fonte: Autor, 2022.

Figura 58 - Reservatório de condensado



Fonte: Autor, 2022.

Autorizada a retomada do projeto, esta obra foi concluída sob a supervisão do setor de utilidades. Durante esse processo ocorreram alguns problemas, tais como a vinda de materiais errados, entre outros, entretanto a ação foi concluída dentro do prazo.

Ressalta-se que existem ações previstas para melhoria futura da instalação. Tem-se como exemplo, que o comando elétrico instalado para ativar a bomba não está respondendo automaticamente, sendo necessário ligar e desligar a bomba manualmente.

5.5.3 Checagem

A eficiência da caldeira foi medida em janeiro pelo método direto conforme Equação 1.

$$\eta = \frac{M_{VAPOR} \cdot h_{vapor} - M_{H_2O} \cdot h_{H_2O}}{M_{COMBUSTÍVEL} \cdot PCI} \quad \text{Equação 1}$$

A vazão mássica de vapor (M_{VAPOR}) medida foi de 15 kg/s, sendo que a entalpia do vapor e da água são descobertas de acordo com a tabela no anexo A - propriedades da água saturada (líquido e vapor), obtendo-se a entalpia do vapor (h_{vapor}) de 2.572,50 kJ/kg e a entalpia da água (h_{H_2O}) de 334,86 kJ/kg.

A vazão mássica da água (M_{H_2O}) medida é de 12 kg/s e a vazão mássica de combustível () calculada baseada no consumo médio de 120 m³/dia é de 5 m³/h, de acordo com a Tabela 4 e o Poder Calorífico do Combustível (PCI) é de 10.980 kcal/m³, portanto:

$$\eta = \frac{(15 * 2572,5) - (12 * 334,86)}{5 * 10.980}$$

$$\eta = 63\%$$

Pelo método direto, o rendimento da caldeira foi de 63% em janeiro de 2022. Como é necessário analisar a mudança de comportamento no indicador de kgComb/t. foi necessário aguardar até o final do mês de abril de 2022 para fazer a análise de dados sobre o consumo de lenha.

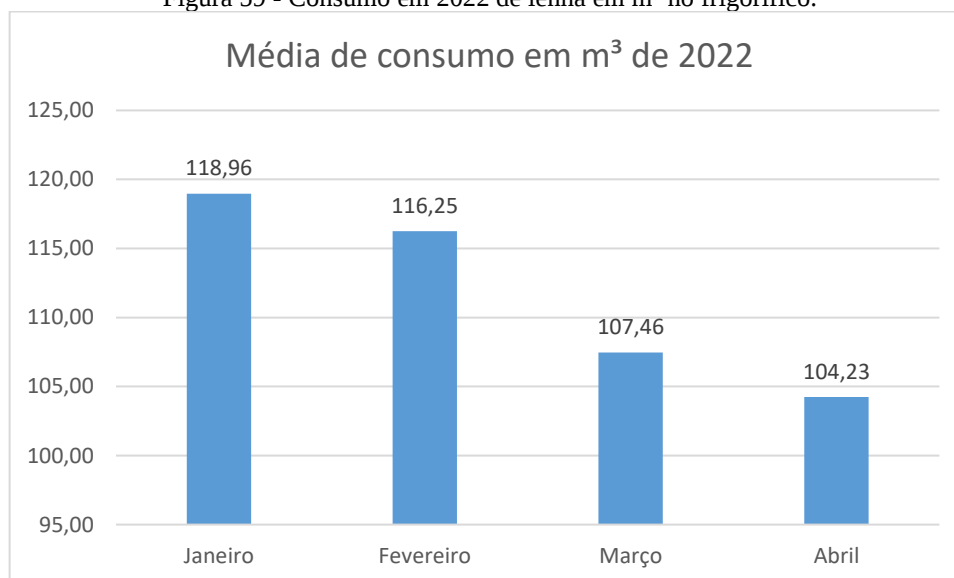
Em abril foram refeitos estes cálculos, com a manutenção preventiva das bombas em dia, as ações corretivas realizadas, os procedimentos adotados para padronização de combustível e economia de água, e com isto, a vazão mássica de água passou a ser de 8 kg/s e a vazão mássica de combustível de 4,46 m³/h

$$\eta = \frac{(15 * 2572,5) - (8 * 334,86)}{4,6 * 10.980}$$

$$\eta = 71\%$$

Para o consumo de lenha foi feito uma média do consumo nos meses de janeiro a abril para um comparativo. A Figura 59 refere-se a melhora gradativa com o passar dos meses e com a conclusão das ações planejadas dentro do plano de ação.

Figura 59 - Consumo em 2022 de lenha em m³ no frigorífico.



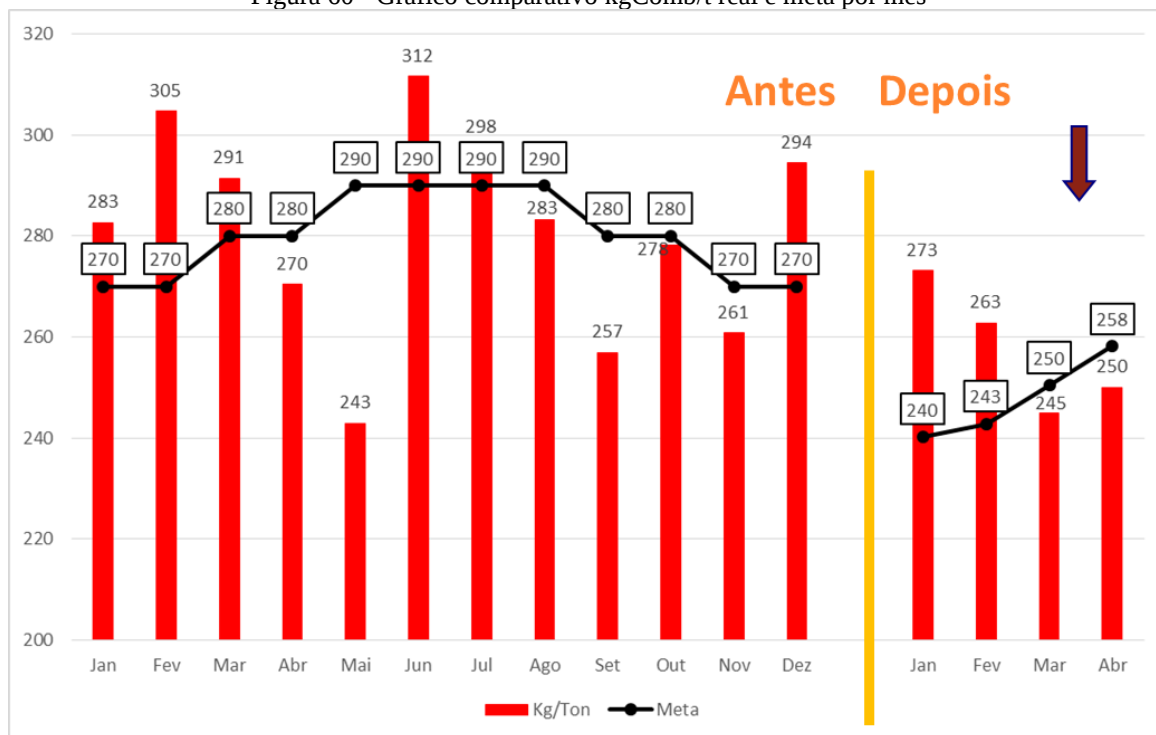
Fonte: Autor, 2022.

É notável a melhora do indicador de kgComb/t, apresentado na Figura 60, desde o primeiro mês do ano de 2022, sendo a média dos 4 meses do ano de 257,75 kgComb/t/mês,

quando comparado com o histórico do ano anterior que teve média de 281,25 kgComb/t/mês, ou seja, uma queda média de aproximadamente 20 kgComb/t.

No mês de abril houve um aumento devido a diminuição da tonelada de frangos abatidos no mês, refletindo no indicador.

Figura 60 - Gráfico comparativo kgComb/t real e meta por mês



Fonte: Autor, 2022.

Sendo o gasto médio de lenha por dia em 2021 de 127,58 m³ e o gasto médio de lenha por dia em 2022 de 111,90 m³ pode-se observar uma diminuição de aproximadamente 15 m³. Analisando a Figura 60, quando comparado o ano de 2022 ao ano de 2021, nos mesmos meses, foi possível verificar uma economia de até 46 kgComb/t (mês de março). Todos os resultados dos meses do ano de 2022 (após início do PDCA) ficaram melhores do que do ano de 2021.

Fazendo a média do ano de 2022 para o indicador uso de lenha, seria o equivalente a 257,75 kgComb/t, representando uma diminuição de 8,33% com relação à média do ano de 2021 que foi de 281,17 kgComb/t.

Como representado na Tabela 30, a economia prevista com este projeto seria de R\$ 286.207,11/ano, o que representaria R\$23.850,59/mês caso todas as ações do PDCA fossem executadas. Entretanto, no final do projeto a economia foi de R\$7.168,75/mês e R\$86.024,98/ano, e isso ocorreu porque nem todas as ações planejadas foram implementadas, é mostrado também a relação entre o investido e o ganho financeiro em ambos os casos.

Tabela 30 - Viabilidade financeira mensal e anual da realização total e parcial do PDCA

	Investimento total	Oportunidade de ganho financeiro com implementação total do PDCA	Investimento parcial	Oportunidade de ganho financeiro com implementação parcial do PDCA (validado pela empresa)	Diferença percentual entre total e parcial
Valor mensal	R\$ 7.666,67	R\$ 23.850,59	R\$ 2.666,67	R\$ 7.168,75	30%
Valor anual	R\$ 92.000,00	R\$ 286.207,11	R\$ 32.000,00	R\$ 86.024,98	30%

Fonte: Autor, 2022.

Lembrando que de todas as ações previstas no plano de ação inicial, a reativação da moega e automatização da caldeira não foram executados que eram pontos de grande impacto no consumo.

5.5.4 Melhoria contínua

Como a meta para o projeto foi alcançada, não houve necessidade de revisitar o plano de ação. O monitoramento dos resultados não deve limitar-se somente a esta meta alcançada, a ideia do PDCA é sempre estar em melhoria contínua. Portanto, existem melhorias a serem obtidas com novas análises e planos de ação.

As ações que não foram concluídas dentro do cronograma previsto entrarão como ação na próxima fase, gerando assim melhorias que trarão impactos positivos no indicador lenha.

6 CONCLUSÃO

O objetivo geral de analisar o consumo e propor ações de eficiência energética no sistema de vapor de uma indústria frigorífica foi alcançado, assim como os objetivos de analisar e entender a indústria para propor ações de melhoria.

Neste projeto foram realizadas as ações que pudessem impactar o indicador kgComb/t de forma positiva, ou seja, o que apresentasse um menor valor e que fossem implementadas de forma rápida. Além disso, houve a preocupação para que essas ações fossem realizadas com menor gasto. Entretanto, não foi possível fazer todas as ações que foram levantadas no *brainstorming*.

Estas ações foram realizadas, portanto, conforme realidade da indústria e geraram diminuição de 8,33% no indicador kgComb/t. Quando a meta requisitada pela unidade que era de 4% foi atendida, proporcionando satisfação com os resultados pelos responsáveis pela indústria e com o conhecimento de ferramentas que podem melhorar ainda mais este resultado.

No sentido financeiro foi criada uma oportunidade de ganho mensal de R\$7.168,75/mês o que gera R\$86.024,98/ano, com um investimento de R\$32.000,00. A maior dificuldade encontrada no trabalho foi a programação e direcionamento de ações para uma indústria que funciona 24h por dia. Além disso, tinha-se a meta de não realizar investimentos considerados elevados pela administração nas alterações propostas.

Outro ponto a ser destacado é que foi necessário encontrar empresas terceirizadas que pudessem realizar as atividades nos horários que o frigorífico reservou para as manutenções, que no caso eram algumas sextas-feiras e no domingo.

Outra dificuldade enfrentada na implementação das ações foi vencer os paradigmas de implementação de mudanças aos funcionários mais antigos e com maior experiência, que sempre acreditam que as forma como os processos ocorrem não precisam de mudanças.

Pelo projeto ser baseado em melhoria contínua ainda é possível implementar várias ações no sistema de vapor para buscar cada vez mais um melhor rendimento das caldeiras. Salientando que para esse sistema ainda está previsto para o futuro, a implantação da moega de lodo, a análise simultânea de gases e a automatização da caldeira para trabalhar melhor a queima dos combustíveis.

Através destes resultados, pode-se concluir que há potencial de otimização do uso dos combustíveis com ações de padronização, de manutenção corretiva e preventiva adequados e o reaproveitamento de água em sistema de vapor no abatedouro de aves.

Este trabalho, com o sistema de melhoria contínua, apresenta uma maneira dinâmica e adaptativa que pode ser aplicada em qualquer sistema de vapor e caldeiras. As ações, necessariamente, não precisam ser de alto investimento para se obter uma economia considerável de combustíveis, como foi comprovado por este projeto. Além de trazer maior controle e rendimento de combustível, há vantagens ambientais, sendo assim uma grande contribuição para quem busca melhorar a eficiência energética em indústrias que utilizam sistema de vapor em sua operação.

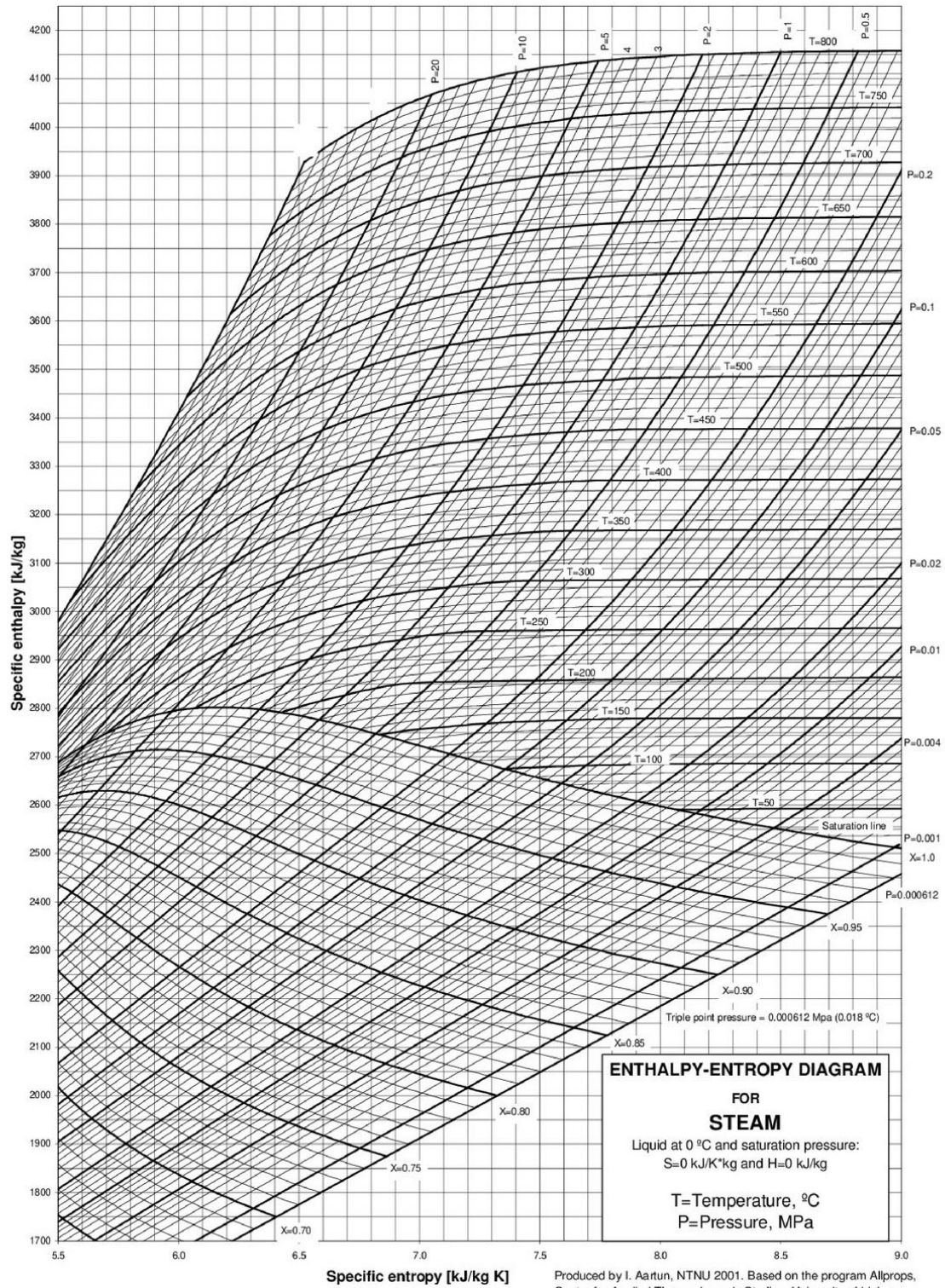
Este trabalho apresentou um novo potencial de eficiência energética e sustentabilidade para frigoríficos, promovendo novas oportunidades para diminuição no consumo de lenha e mais eficiência para a caldeira. Novos trabalhos que utilizem o PDCA podem resultar na minimização do consumo de lenha, eletricidade, água e ainda melhorar a eficiência energética nos sistemas de refrigeração, motores, bombas e ar comprimido.

7 ANEXO A - PROPRIEDADES DA ÁGUA SATURADA (LÍQUIDO E VAPOR)

Temp. °C T	Sat. press. kPa P_{sat}	Specific volume m ³ /kg		Internal energy kJ/kg			Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/(kg · K)		
		Sat. liquid v_f	Sat. vapor v_g	Sat. liquid u_f	Evap. u_{fg}	Sat. vapor u_g	Sat. liquid h_f	Evap. h_{fg}	Sat. vapor h_g	Sat. liquid s_f	Evap. s_{fg}	Sat. vapor s_g
0.01	0.6113	0.001 000	206.14	0.0	2375.3	2375.3	0.01	2501.3	2501.4	0.000	9.1562	9.1562
5	0.8721	0.001 000	147.12	20.97	2361.3	2382.3	20.96	2489.6	2510.6	0.0761	8.9496	9.0257
10	1.2276	0.001 000	106.38	42.00	2347.2	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	0.1510	8.7498	8.9008
15	1.7051	0.001 001	77.93	62.99	2333.1	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	0.2245	8.5569	8.7814
20	2.339	0.001 002	57.79	83.95	2319.0	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	0.2966	8.3706	8.6672
25	3.169	0.001 003	43.36	104.88	2304.9	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	0.3674	8.1905	8.5580
30	4.246	0.001 004	32.89	125.78	2290.8	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	0.4389	8.0164	8.4533
35	5.628	0.001 006	25.22	146.67	2276.7	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	0.5053	7.8478	8.3531
40	7.384	0.001 008	19.52	167.56	2262.6	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	0.5725	7.6845	8.2570
45	9.593	0.001 010	15.26	188.44	2248.4	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	0.6387	7.5261	8.1648
50	12.349	0.001 012	12.03	209.32	2234.2	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	0.7038	7.3725	8.0763
55	15.758	0.001 015	9.568	230.21	2219.9	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	0.7679	7.2234	7.9913
60	19.940	0.001 017	7.671	251.11	2205.5	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	0.8312	7.0784	7.9096
65	25.03	0.001 020	6.197	272.02	2191.1	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	0.8935	6.9375	7.8310
70	31.19	0.001 023	5.042	292.95	2176.6	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	0.9549	6.8004	7.7553
75	38.58	0.001 026	4.131	313.90	2162.0	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	6.6669	7.6824
80	47.39	0.001 029	3.407	334.86	2147.4	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	6.5369	7.6122
85	57.83	0.001 033	2.828	355.84	2132.6	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	6.4102	7.5445
90	70.14	0.001 036	2.361	376.85	2117.7	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	6.2886	7.4791
95	84.55	0.001 040	1.962	397.68	2102.7	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	6.1659	7.4159
Sat. press. MPa												
100	0.101 35	0.001 044	1.6729	418.94	2087.6	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3089	6.0480	7.3549
105	0.120 82	0.001 048	1.4194	440.02	2072.3	2512.4	440.15	2243.7	2683.8	1.3630	5.9328	7.2958
110	0.143 27	0.001 052	1.2102	461.14	2057.0	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	5.8202	7.2387
115	0.169 06	0.001 056	1.0366	482.30	2041.4	2523.7	482.48	2216.5	2699.0	1.4734	5.7100	7.1833
120	0.198 53	0.001 060	0.8919	503.50	2025.8	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	5.6020	7.1296
125	0.2321	0.001 065	0.7706	524.74	2009.9	2534.6	524.99	2188.5	2713.5	1.5813	5.4962	7.0775
130	0.2701	0.001 070	0.6685	546.02	1993.9	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	5.3925	7.0269
135	0.3130	0.001 075	0.5822	567.35	1977.7	2545.0	567.69	2159.6	2727.3	1.6870	5.2907	6.9777
140	0.3613	0.001 080	0.5089	588.74	1961.3	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	5.1908	6.9299
145	0.4154	0.001 085	0.4463	610.18	1944.7	2554.9	610.63	2129.6	2740.3	1.7907	5.0926	6.8833
150	0.4758	0.001 091	0.3928	631.68	1927.9	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	4.9960	6.8379
155	0.5431	0.001 096	0.3468	653.24	1910.8	2564.1	653.84	2098.6	2752.4	1.8925	4.9010	6.7935
160	0.6178	0.001 102	0.3071	674.87	1893.5	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	4.8075	6.7502
165	0.7005	0.001 108	0.2727	696.56	1876.0	2572.5	697.34	2066.2	2763.5	1.9925	4.7153	6.7078
170	0.7917	0.001 114	0.2428	718.33	1858.1	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	4.6244	6.6663
175	0.8920	0.001 121	0.2168	740.17	1840.0	2580.2	741.17	2032.4	2773.6	2.0909	4.5347	6.6256
180	1.0021	0.001 127	0.194 05	762.09	1821.6	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	4.4461	6.5857
185	1.1227	0.001 134	0.174 09	784.10	1802.9	2587.0	785.37	1997.1	2782.4	2.1879	4.3586	6.5465
190	1.2544	0.001 141	0.156 54	806.19	1783.8	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	4.2720	6.5079
195	1.3978	0.001 149	0.141 05	828.37	1764.4	2592.8	829.98	1960.0	2790.0	2.2835	4.1863	6.4686

Fonte: Modificado de Çengel and Ghajar, 2015

8 ANEXO B - DIAGRAMA DE MOLLIER PARA VAPOR SATURADO



9 APENDICE A – BASE DE DADOS

Data	Mês	Lenha de Eucalipto Seca(m³)	Valor Unitário do item	Lenha de Acácia-negra Seca (m³)	Valor Unitário do item	Lenha fazenda interna	Valor Unitário do item
01/01/2021	Janeiro						
02/01/2021	Janeiro						
03/01/2021	Janeiro						
04/01/2021	Janeiro	127,80	R\$ 63,12				
05/01/2021	Janeiro	83,29	R\$ 63,12				
06/01/2021	Janeiro	95,37	R\$ 63,12				
07/01/2021	Janeiro	82,65	R\$ 63,12				
08/01/2021	Janeiro	211,09	R\$ 63,12				
09/01/2021	Janeiro						
10/01/2021	Janeiro						
11/01/2021	Janeiro						
12/01/2021	Janeiro	122,41	R\$ 63,12				
13/01/2021	Janeiro	57,14	R\$ 63,12				
14/01/2021	Janeiro	57,14	R\$ 63,12				
15/01/2021	Janeiro	114,29	R\$ 63,12				
16/01/2021	Janeiro					149,74	R\$ 44,73
17/01/2021	Janeiro						
18/01/2021	Janeiro	277,27	R\$ 63,12				
19/01/2021	Janeiro					88,77	R\$ 44,73
20/01/2021	Janeiro	88,19	R\$ 63,12			52,75	R\$ 44,73
21/01/2021	Janeiro	68,30	R\$ 63,12			57,41	R\$ 44,73
22/01/2021	Janeiro	91,27	R\$ 63,12				
23/01/2021	Janeiro					100,61	R\$ 44,73
24/01/2021	Janeiro						
25/01/2021	Janeiro	203,19	R\$ 63,12				
26/01/2021	Janeiro	120,94	R\$ 63,12				
27/01/2021	Janeiro	110,89	R\$ 63,12				
28/01/2021	Janeiro	116,00	R\$ 63,12				
29/01/2021	Janeiro	92,85	R\$ 63,12			50,07	R\$ 44,73
30/01/2021	Janeiro	49,79	R\$ 63,12				
31/01/2021	Janeiro						
Janeiro		2.169,87	R\$ 136.962,19	0,00	R\$ -	499,35	R\$ 22.335,93
01/02/2021	Fevereiro	147,86	R\$ 63,12			108,86	R\$ 44,73
02/02/2021	Fevereiro	63,35	R\$ 63,12			87,32	R\$ 44,73
03/02/2021	Fevereiro	167,86	R\$ 63,12				
04/02/2021	Fevereiro					82,66	R\$ 44,73
05/02/2021	Fevereiro	94,80	R\$ 63,12			48,21	
06/02/2021	Fevereiro						

07/02/2021	Fevereiro						
08/02/2021	Fevereiro	110,94	R\$ 63,12			75,20	R\$ 44,73
09/02/2021	Fevereiro	135,85	R\$ 63,12				
10/02/2021	Fevereiro	91,44	R\$ 63,12				
11/02/2021	Fevereiro	130,63	R\$ 63,12				
12/02/2021	Fevereiro					186,28	R\$ 37,23
13/02/2021	Fevereiro						
14/02/2021	Fevereiro						
15/02/2021	Fevereiro	169,95	R\$ 63,82			88,18	R\$ 37,23
16/02/2021	Fevereiro	154,74	R\$ 63,82				
17/02/2021	Fevereiro					88,78	R\$ 37,23
18/02/2021	Fevereiro	91,19	R\$ 63,82			34,32	R\$ 37,23
19/02/2021	Fevereiro	78,76	R\$ 63,82				
20/02/2021	Fevereiro					124,61	R\$ 37,33
21/02/2021	Fevereiro						
22/02/2021	Fevereiro	194,98	R\$ 63,82				
23/02/2021	Fevereiro	98,73	R\$ 63,82			45,13	R\$ 37,33
24/02/2021	Fevereiro	53,13	R\$ 63,82			79,48	R\$ 37,33
25/02/2021	Fevereiro	138,03	R\$ 63,82				
26/02/2021	Fevereiro	88,61	R\$ 63,82				
27/02/2021	Fevereiro					101,31	R\$ 37,33
28/02/2021	Fevereiro						
Fevereiro		2.010,85	R\$ 127.672,54	0,00	R\$ -	1.150,34	R\$ 43.722,65
01/03/2021	Março	241,05	R\$ 64,04				
02/03/2021	Março	69,39	R\$ 64,04			49,56	R\$ 37,33
03/03/2021	Março	130,33	R\$ 64,04				
04/03/2021	Março	130,33	R\$ 64,04				
05/03/2021	Março	154,61	R\$ 64,04				
06/03/2021	Março						
07/03/2021	Março						
08/03/2021	Março	280,89	R\$ 64,04				
09/03/2021	Março	80,66	R\$ 64,04				
10/03/2021	Março	96,56	R\$ 64,04			69,62	R\$ 37,33
11/03/2021	Março	61,11	R\$ 64,04			59,00	R\$ 37,33
12/03/2021	Março	24,44	R\$ 64,04			89,09	R\$ 37,33
13/03/2021	Março						
14/03/2021	Março						
15/03/2021	Março					112,30	R\$ 37,24
16/03/2021	Março	112,81	R\$ 66,43			123,11	R\$ 37,24
17/03/2021	Março	127,84	R\$ 66,43			48,38	R\$ 37,24
18/03/2021	Março	48,10	R\$ 66,43			60,13	R\$ 37,24
19/03/2021	Março	63,18	R\$ 66,43			54,28	R\$ 37,24
20/03/2021	Março						
21/03/2021	Março						
22/03/2021	Março	285,80	R\$ 66,99				

23/03/2021	Março	93,46	R\$ 68,25				
24/03/2021	Março	120,67	R\$ 68,25				
25/03/2021	Março	158,51	R\$ 69,65				
26/03/2021	Março	133,52	R\$ 69,65				
27/03/2021	Março						
28/03/2021	Março						
29/03/2021	Março					201,14	R\$ 37,24
30/03/2021	Março					88,93	R\$ 37,24
31/03/2021	Março					113,40	R\$ 37,24
Março		2.413,26	R\$ 158.769,17	0,00	R\$ -	1.068,94	R\$ 447,22
01/04/2021	Abril					119,36	R\$ 37,24
02/04/2021	Abril					122,36	R\$ 37,24
03/04/2021	Abril						
04/04/2021	Abril						
05/04/2021	Abril					45,95	R\$ 37,24
06/04/2021	Abril	203,62	R\$ 70,71			34,62	R\$ 37,24
07/04/2021	Abril	132,91	R\$ 71,44				
08/04/2021	Abril	76,21	R\$ 71,44			63,93	R\$ 37,24
09/04/2021	Abril	75,42	R\$ 71,44			58,69	R\$ 37,24
10/04/2021	Abril					92,15	R\$ 37,24
11/04/2021	Abril						
12/04/2021	Abril	192,19	R\$ 71,44				
13/04/2021	Abril	61,16	R\$ 71,44			46,95	R\$ 37,24
14/04/2021	Abril	43,68	R\$ 71,44			58,69	R\$ 37,24
15/04/2021	Abril	49,50	R\$ 71,44			52,82	R\$ 37,24
16/04/2021	Abril	66,98	R\$ 71,44			99,78	R\$ 37,24
17/04/2021	Abril	49,50	R\$ 71,44			41,05	R\$ 37,24
18/04/2021	Abril						
19/04/2021	Abril	107,14	R\$ 72,37				
20/04/2021	Abril	139,78	R\$ 72,37				
21/04/2021	Abril	135,49	R\$ 72,37				
22/04/2021	Abril	121,51	R\$ 72,37				
23/04/2021	Abril	121,49	R\$ 72,37				
24/04/2021	Abril	108,39	R\$ 72,37				
25/04/2021	Abril						
26/04/2021	Abril	93,22	R\$ 72,37				
27/04/2021	Abril	95,56	R\$ 72,37				
28/04/2021	Abril	82,93	R\$ 72,37				
29/04/2021	Abril	82,93	R\$ 72,37				
30/04/2021	Abril	106,01	R\$ 72,37				
Abril		2.145,62	R\$ 154.245,29	0,00	R\$ -	836,35	R\$ 31.145,67
01/05/2021	Maio						
02/05/2021	Maio						
03/05/2021	Maio	92,52	R\$ 73,39			97,07	R\$ 37,24

04/05/2021	Maio	98,55	R\$ 73,39			56,50	R\$ 37,24
05/05/2021	Maio	68,55	R\$ 73,39			49,36	R\$ 37,24
06/05/2021	Maio	56,90	R\$ 73,39			43,93	R\$ 37,24
07/05/2021	Maio	59,63	R\$ 73,39			49,63	R\$ 37,24
08/05/2021	Maio	70,60	R\$ 73,39			71,30	R\$ 37,24
09/05/2021	Maio						
10/05/2021	Maio	59,64	R\$ 73,59			32,38	R\$ 37,24
11/05/2021	Maio	68,56	R\$ 73,59			47,00	R\$ 37,24
12/05/2021	Maio	75,50	R\$ 73,59			58,75	R\$ 37,24
13/05/2021	Maio	89,12	R\$ 73,29			41,12	R\$ 37,24
14/05/2021	Maio	58,02	R\$ 73,59			64,61	R\$ 37,24
15/05/2021	Maio	75,97	R\$ 73,59			96,91	R\$ 37,24
16/05/2021	Maio						
17/05/2021	Maio	70,46	R\$ 73,59			32,31	R\$ 79,14
18/05/2021	Maio	60,78	R\$ 73,78			37,31	R\$ 79,14
19/05/2021	Maio	63,54	R\$ 73,78			52,90	R\$ 79,90
20/05/2021	Maio	67,69	R\$ 73,78			55,68	R\$ 79,90
21/05/2021	Maio	96,64	R\$ 73,78			27,84	R\$ 79,90
22/05/2021	Maio	142,98	R\$ 73,78				
23/05/2021	Maio						
24/05/2021	Maio	151,26	R\$ 73,78				
25/05/2021	Maio	119,66	R\$ 73,78				
26/05/2021	Maio	118,00	R\$ 73,78				
27/05/2021	Maio	123,19	R\$ 73,78				
28/05/2021	Maio	111,64	R\$ 73,78				
29/05/2021	Maio						
30/05/2021	Maio						
31/05/2021	Maio						
Maio		1.999,40	R\$ 147.220,28	0,00	R\$ -	914,60	R\$ 42.796,46
01/06/2021	Junho	103,29	R\$ 73,94				
02/06/2021	Junho	139,04	R\$ 73,94				
03/06/2021	Junho	135,66	R\$ 73,94				
04/06/2021	Junho	157,96	R\$ 73,94				
05/06/2021	Junho	115,42	R\$ 73,94				
06/06/2021	Junho						
07/06/2021	Junho	111,72	R\$ 73,94				
08/06/2021	Junho	118,62	R\$ 73,94				
09/06/2021	Junho	154,33	R\$ 73,94				
10/06/2021	Junho	102,49	R\$ 73,94				
11/06/2021	Junho	127,43	R\$ 73,94				
12/06/2021	Junho	125,03	R\$ 73,94				
13/06/2021	Junho						
14/06/2021	Junho	198,06	R\$ 73,94				
15/06/2021	Junho	112,14	R\$ 73,94				
16/06/2021	Junho	129,75	R\$ 73,94				

17/06/2021	Junho	145,65	R\$ 73,94				
18/06/2021	Junho	149,45	R\$ 73,94				
19/06/2021	Junho	144,98	R\$ 73,94				
20/06/2021	Junho						
21/06/2021	Junho	144,98	R\$ 73,94				
22/06/2021	Junho	105,73	R\$ 73,94				
23/06/2021	Junho	138,31	R\$ 73,94				
24/06/2021	Junho	140,69	R\$ 73,94				
25/06/2021	Junho	138,39	R\$ 73,94				
26/06/2021	Junho	178,37	R\$ 73,94				
27/06/2021	Junho						
28/06/2021	Junho	178,37	R\$ 73,94				
29/06/2021	Junho	136,97	R\$ 73,94				
30/06/2021	Junho	156,82	R\$ 73,94				
Junho		3.589,65	R\$ 265.418,72	0,00	R\$ -	0,00	R\$ -
01/07/2021	Julho	135,06	R\$ 74,17				
02/07/2021	Julho	139,00	R\$ 74,17				
03/07/2021	Julho	130,90	R\$ 74,17				
04/07/2021	Julho						
05/07/2021	Julho	268,74	R\$ 74,17				
06/07/2021	Julho	141,49	R\$ 74,17				
07/07/2021	Julho	147,91	R\$ 74,17				
08/07/2021	Julho	130,11	R\$ 74,17				
09/07/2021	Julho	145,17	R\$ 74,26				
10/07/2021	Julho	156,13	R\$ 74,26				
11/07/2021	Julho						
12/07/2021	Julho	130,03	R\$ 74,26				
13/07/2021	Julho	131,13	R\$ 74,26				
14/07/2021	Julho	136,97	R\$ 74,26				
15/07/2021	Julho	138,31	R\$ 74,26				
16/07/2021	Julho	137,27	R\$ 74,26				
17/07/2021	Julho	138,81	R\$ 74,26				
18/07/2021	Julho						
19/07/2021	Julho	134,58	R\$ 74,26				
20/07/2021	Julho	102,05	R\$ 74,26				
21/07/2021	Julho	97,10	R\$ 74,26				
22/07/2021	Julho	79,62	R\$ 74,26			50,61	R\$ 64,71
23/07/2021	Julho					127,79	R\$ 59,31
24/07/2021	Julho					80,90	R\$ 59,31
25/07/2021	Julho						
26/07/2021	Julho					72,81	R\$ 59,31
27/07/2021	Julho					49,00	R\$ 59,31
28/07/2021	Julho					121,65	R\$ 59,31
29/07/2021	Julho					113,26	R\$ 59,31
30/07/2021	Julho					145,39	R\$ 48,57

31/07/2021	Julho					131,12	R\$ 28,82
Julho		2.620,38	R\$ 194.491,03	0,00	R\$ -	892,53	R\$ 47.649,91
01/08/2021	Agosto						
02/08/2021	Agosto					70,56	R\$ 58,75
03/08/2021	Agosto					134,33	R\$ 58,75
04/08/2021	Agosto					141,52	R\$ 58,75
05/08/2021	Agosto					112,61	R\$ 58,75
06/08/2021	Agosto					114,12	R\$ 58,75
07/08/2021	Agosto					137,79	R\$ 58,75
08/08/2021	Agosto						
09/08/2021	Agosto					144,63	R\$ 58,75
10/08/2021	Agosto					96,41	R\$ 58,75
11/08/2021	Agosto	100,13	R\$ 74,26			52,31	R\$ 58,75
12/08/2021	Agosto	119,81	R\$ 74,26				
13/08/2021	Agosto	129,77	R\$ 74,26				
14/08/2021	Agosto	121,15	R\$ 74,26				
15/08/2021	Agosto						
16/08/2021	Agosto	134,38	R\$ 74,26				
17/08/2021	Agosto	147,69	R\$ 74,26				
18/08/2021	Agosto	153,94	R\$ 74,26				
19/08/2021	Agosto	115,23	R\$ 74,26				
20/08/2021	Agosto					108,90	R\$ 58,75
21/08/2021	Agosto					103,39	R\$ 58,75
22/08/2021	Agosto						
23/08/2021	Agosto					178,82	R\$ 58,75
24/08/2021	Agosto	21,56	R\$ 74,26			51,00	R\$ 58,75
25/08/2021	Agosto					143,55	R\$ 58,75
26/08/2021	Agosto					88,00	R\$ 58,75
27/08/2021	Agosto					122,59	R\$ 58,75
28/08/2021	Agosto					120,12	R\$ 56,52
29/08/2021	Agosto						
30/08/2021	Agosto					114,10	R\$ 56,52
31/08/2021	Agosto					138,41	R\$ 56,52
Agosto		1.043,66	R\$ 77.502,19	0,00	R\$ -	2.173,16	R\$ 126.842,19
01/09/2021	Setembro					95,26	R\$ 56,52
02/09/2021	Setembro					116,08	R\$ 56,52
03/09/2021	Setembro					114,84	R\$ 56,52
04/09/2021	Setembro					122,05	R\$ 56,52
05/09/2021	Setembro						
06/09/2021	Setembro						
07/09/2021	Setembro					127,03	R\$ 57,09
08/09/2021	Setembro					73,22	R\$ 57,09
09/09/2021	Setembro					115,02	R\$ 57,09
10/09/2021	Setembro					118,00	R\$ 57,09

11/09/2021	Setembro					127,98	R\$ 57,09
12/09/2021	Setembro						
13/09/2021	Setembro					118,95	R\$ 57,70
14/09/2021	Setembro					114,05	R\$ 57,70
15/09/2021	Setembro					123,59	R\$ 57,70
16/09/2021	Setembro					115,81	R\$ 57,70
17/09/2021	Setembro					108,04	R\$ 57,70
18/09/2021	Setembro					110,79	R\$ 57,70
19/09/2021	Setembro						R\$ 57,70
20/09/2021	Setembro					118,32	R\$ 57,70
21/09/2021	Setembro					113,44	R\$ 57,70
22/09/2021	Setembro					118,05	R\$ 57,70
23/09/2021	Setembro					110,10	R\$ 57,70
24/09/2021	Setembro					93,99	R\$ 57,70
25/09/2021	Setembro					69,80	R\$ 57,70
26/09/2021	Setembro						
27/09/2021	Setembro					108,65	R\$ 60,77
28/09/2021	Setembro					108,28	R\$ 60,77
29/09/2021	Setembro					104,64	R\$ 60,77
30/09/2021	Setembro					110,05	R\$ 60,77
Setembro		0,00	R\$ -	0,00	R\$ -	2.756,03	R\$ 159.476,73
01/10/2021	Outubro					105,24	R\$ 60,77
02/10/2021	Outubro					98,90	R\$ 60,77
03/10/2021	Outubro						
04/10/2021	Outubro					104,44	R\$ 60,77
05/10/2021	Outubro	54,00	R\$ 74,18			80,35	R\$ 59,57
06/10/2021	Outubro	45,50	R\$ 74,18			121,00	R\$ 59,77
07/10/2021	Outubro	71,42	R\$ 74,18			30,16	R\$ 59,77
08/10/2021	Outubro	105,00	R\$ 74,18				
09/10/2021	Outubro	250,00	R\$ 74,18				
10/10/2021	Outubro						
11/10/2021	Outubro	80,31	R\$ 74,18			52,68	R\$ 59,77
12/10/2021	Outubro	24,30	R\$ 74,18				
13/10/2021	Outubro	140,00	R\$ 74,18				
14/10/2021	Outubro	118,54	R\$ 74,18				
15/10/2021	Outubro	94,25	R\$ 74,18				
16/10/2021	Outubro	164,16	R\$ 74,18				
17/10/2021	Outubro						
18/10/2021	Outubro	120,85	R\$ 74,18				
19/10/2021	Outubro	169,69	R\$ 74,18				
20/10/2021	Outubro	155,00	R\$ 74,18				
21/10/2021	Outubro	52,83	R\$ 74,18			70,34	R\$ 59,77
22/10/2021	Outubro	54,08	R\$ 74,18			74,58	R\$ 59,77
23/10/2021	Outubro	65,02	R\$ 74,18			70,13	R\$ 59,77
24/10/2021	Outubro						

25/10/2021	Outubro	65,00	R\$ 74,18			70,13	R\$ 59,77
26/10/2021	Outubro	5,67	R\$ 74,18			87,10	R\$ 62,01
27/10/2021	Outubro					114,29	R\$ 62,01
28/10/2021	Outubro					129,01	R\$ 62,01
29/10/2021	Outubro					110,38	R\$ 62,01
30/10/2021	Outubro						
31/10/2021	Outubro						
Outubro		1.835,62	R\$ 136.166,29	0,00	R\$ -	1.318,73	R\$ 80.100,35
01/11/2021	Novembro					149,15	R\$ 59,05
02/11/2021	Novembro					117,91	R\$ 59,05
03/11/2021	Novembro					110,20	R\$ 59,05
04/11/2021	Novembro					119,50	R\$ 59,05
05/11/2021	Novembro					81,48	R\$ 59,05
06/11/2021	Novembro					131,88	R\$ 59,05
07/11/2021	Novembro						
08/11/2021	Novembro					102,05	R\$ 59,05
09/11/2021	Novembro					120,48	R\$ 59,06
10/11/2021	Novembro					122,06	R\$ 59,06
11/11/2021	Novembro					107,85	R\$ 59,06
12/11/2021	Novembro					110,58	R\$ 59,06
13/11/2021	Novembro	62,44	R\$ 74,36			99,17	R\$ 59,06
14/11/2021	Novembro						
15/11/2021	Novembro	40,86	R\$ 74,36			58,73	R\$ 59,09
16/11/2021	Novembro	81,71	R\$ 74,36			46,85	R\$ 59,09
17/11/2021	Novembro	28,09	R\$ 74,36			71,70	R\$ 59,09
18/11/2021	Novembro	117,31	R\$ 74,36			25,00	R\$ 59,75
19/11/2021	Novembro	78,74	R\$ 74,36			55,55	R\$ 59,75
20/11/2021	Novembro	119,60	R\$ 74,36				
21/11/2021	Novembro						
22/11/2021	Novembro	163,13	R\$ 74,36				
23/11/2021	Novembro	69,00	R\$ 74,36				
24/11/2021	Novembro	75,57	R\$ 74,36			41,88	R\$ 59,75
25/11/2021	Novembro	116,08	R\$ 74,36			33,52	R\$ 59,75
26/11/2021	Novembro	78,46	R\$ 74,36			37,95	R\$ 59,75
27/11/2021	Novembro	139,57	R\$ 74,36			44,27	R\$ 59,75
28/11/2021	Novembro						
29/11/2021	Novembro	64,61	R\$ 74,36			42,80	R\$ 59,75
30/11/2021	Novembro					20,00	R\$ 59,75
Novembro		1.235,17	R\$ 91.847,24	0,00	R\$ -	1.850,56	R\$ 109.498,94
01/12/2021	Dezembro	77,50	R\$ 74,36			52,67	R\$ 59,75
02/12/2021	Dezembro	114,66	R\$ 74,36			31,35	R\$ 69,55
03/12/2021	Dezembro	119,58	R\$ 74,36			24,11	R\$ 69,55
04/12/2021	Dezembro	30,03	R\$ 74,36			70,61	R\$ 69,55
05/12/2021	Dezembro						

06/12/2021	Dezembro	81,19	R\$ 74,48			56,46	R\$ 59,33
07/12/2021	Dezembro	35,48	R\$ 74,48			75,67	R\$ 59,33
08/12/2021	Dezembro	98,52	R\$ 74,48			30,28	R\$ 59,33
09/12/2021	Dezembro	53,84	R\$ 74,48			54,50	R\$ 59,33
10/12/2021	Dezembro	28,03	R\$ 74,48			123,64	R\$ 59,33
11/12/2021	Dezembro	51,14	R\$ 74,48			69,83	R\$ 59,33
12/12/2021	Dezembro						
13/12/2021	Dezembro	65,30	R\$ 74,48			54,92	R\$ 59,33
14/12/2021	Dezembro	56,07	R\$ 74,48			62,19	R\$ 59,33
15/12/2021	Dezembro	110,32	R\$ 74,48			15,55	R\$ 59,33
16/12/2021	Dezembro	132,52	R\$ 74,48				
17/12/2021	Dezembro	122,36	R\$ 74,48				
18/12/2021	Dezembro	126,51	R\$ 74,48				
19/12/2021	Dezembro						
20/12/2021	Dezembro	122,00	R\$ 74,48				
21/12/2021	Dezembro	121,61	R\$ 74,48				
22/12/2021	Dezembro	120,00	R\$ 74,48				
23/12/2021	Dezembro	107,02	R\$ 74,48				
24/12/2021	Dezembro						
25/12/2021	Dezembro						
26/12/2021	Dezembro						
27/12/2021	Dezembro	130,63	R\$ 74,48				
28/12/2021	Dezembro	83,05	R\$ 74,48			36,43	R\$ 69,63
29/12/2021	Dezembro	38,96	R\$ 74,48			75,97	R\$ 69,63
30/12/2021	Dezembro	83,64	R\$ 74,48			36,44	R\$ 69,63
31/12/2021	Dezembro						
Dezembro		2.109,96	R\$ 157.108,81	0,00	R\$ -	870,62	R\$ 54.497,49
Total ANO		23.173,44	R\$ 1.647.403,75	0,00	R\$ -	14.331,21	R\$ 718.513,54

Data	m³ total	m³ total hipóteses	Produção diária	teste hipóteses kgcomb	meta po	Kgcomb real	
01/01/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
02/01/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
03/01/2021	0,00	0,00	54,00	0,00	270,00	0,00	
04/01/2021	127,80	113,80	421,47	270,00	270,00	303,22	
05/01/2021	83,29	108,81	402,99	270,00	270,00	206,68	
06/01/2021	95,37	95,37	396,70	240,41	270,00	240,41	
07/01/2021	82,65	82,65	454,67	181,78	270,00	181,78	
08/01/2021	211,09	128,07	474,34	270,00	270,00	445,02	
09/01/2021	0,00	0,00	363,54	0,00	270,00	0,00	
10/01/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
11/01/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
12/01/2021	122,41	113,87	421,73	270,00	270,00	290,26	

13/01/2021	57,14	57,14	449,95	126,99	270,00	126,99	
14/01/2021	57,14	57,14	448,51	127,40	270,00	127,40	
15/01/2021	114,29	110,60	409,64	270,00	270,00	279,00	
16/01/2021	149,74	130,95	485,00	270,00	270,00	308,74	
17/01/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
18/01/2021	277,27	107,20	397,05	270,00	270,00	698,33	
19/01/2021	88,77	88,77	412,42	215,24	270,00	215,24	
20/01/2021	140,94	108,19	400,72	270,00	270,00	351,72	
21/01/2021	125,71	120,47	446,20	270,00	270,00	281,73	
22/01/2021	91,27	91,27	431,76	211,39	270,00	211,39	
23/01/2021	100,61	100,61	455,65	220,81	270,00	220,81	
24/01/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
25/01/2021	203,19	115,04	426,08	270,00	270,00	476,89	
26/01/2021	120,94	96,62	357,84	270,00	270,00	337,97	
27/01/2021	110,89	107,87	399,51	270,00	270,00	277,57	
28/01/2021	116,00	116,00	431,24	268,99	270,00	268,99	
29/01/2021	142,92	110,23	408,25	270,00	270,00	350,08	
30/01/2021	49,79	26,46	98,00	270,00	270,00	508,06	
31/01/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
Janeiro	2669,22	2.187,13	9.447,26	5.373,01	9.370,03		
01/02/2021	256,72	105,03	389,00	270,00	270,00	659,95	
02/02/2021	150,67	123,12	456,00	270,00	270,00	330,42	
03/02/2021	167,86	122,04	452,00	270,00	270,00	371,37	
04/02/2021	82,66	82,66	418,18	197,67	270,00	197,67	
05/02/2021	143,01	114,73	424,93	270,00	270,00	336,55	
06/02/2021	0,00	0,00	434,38	0,00	270,00	0,00	
07/02/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
08/02/2021	186,14	109,06	403,93	270,00	270,00	460,82	
09/02/2021	135,85	116,51	431,50	270,00	270,00	314,83	
10/02/2021	91,44	91,44	458,35	199,50	270,00	199,50	
11/02/2021	130,63	119,21	441,51	270,00	270,00	295,87	
12/02/2021	186,28	109,75	406,48	270,00	270,00	458,28	
13/02/2021	0,00	0,00	459,01	0,00	270,00	0,00	
14/02/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
15/02/2021	258,13	121,62	450,45	270,00	270,00	573,05	
16/02/2021	154,74	121,14	448,67	270,00	270,00	344,89	
17/02/2021	88,78	88,78	440,60	201,50	270,00	201,50	
18/02/2021	125,51	118,11	437,43	270,00	270,00	286,93	
19/02/2021	78,76	78,76	461,69	170,59	270,00	170,59	
20/02/2021	124,61	111,85	414,27	270,00	270,00	300,79	
21/02/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
22/02/2021	194,98	101,68	376,58	270,00	270,00	517,77	
23/02/2021	143,86	119,51	442,63	270,00	270,00	325,01	
24/02/2021	132,61	104,88	388,43	270,00	270,00	341,40	
25/02/2021	138,03	124,77	462,10	270,00	270,00	298,70	

26/02/2021	88,61	88,61	400,00	221,53	270,00	221,53	
27/02/2021	101,31	101,31	478,25	211,84	270,00	211,84	
28/02/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
Fevereiro	3161,19	2.374,56	10.376,36	5.522,62	8.653,27		
01/03/2021	241,05	117,94	421,23	280,00	280,00	572,25	
02/03/2021	118,95	112,84	403,00	280,00	280,00	295,16	
03/03/2021	130,33	109,58	391,37	280,00	280,00	333,01	
04/03/2021	130,33	126,30	451,06	280,00	280,00	288,94	
05/03/2021	154,61	124,43	444,40	280,00	280,00	347,91	
06/03/2021	0,00	0,00	433,48	0,00	280,00	0,00	
07/03/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
08/03/2021	280,89	115,65	413,05	280,00	280,00	680,04	
09/03/2021	80,66	80,66	497,64	162,09	280,00	162,09	
10/03/2021	166,18	120,70	431,08	280,00	280,00	385,50	
11/03/2021	120,11	120,11	534,34	224,78	280,00	224,78	
12/03/2021	113,53	113,53	457,22	248,30	280,00	248,30	
13/03/2021	0,00	0,00	443,79	0,00	280,00	0,00	
14/03/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
15/03/2021	112,30	112,30	468,21	239,85	280,00	239,85	
16/03/2021	235,92	116,76	417,00	280,00	280,00	565,76	
17/03/2021	176,22	121,45	433,74	280,00	280,00	406,28	
18/03/2021	108,23	108,23	422,40	256,23	280,00	256,23	
19/03/2021	117,46	117,46	475,46	247,04	280,00	247,04	
20/03/2021	0,00	0,00	369,94	0,00	280,00	0,00	
21/03/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
22/03/2021	285,80	127,10	453,92	280,00	280,00	629,63	
23/03/2021	93,46	93,46	487,08	191,88	280,00	191,88	
24/03/2021	120,67	120,67	458,27	263,32	280,00	263,32	
25/03/2021	158,51	122,54	437,66	280,00	280,00	362,18	
26/03/2021	133,52	125,05	446,60	280,00	280,00	298,97	
27/03/2021	0,00	0,00	450,81	0,00	280,00	0,00	
28/03/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
29/03/2021	201,14	130,79	467,10	280,00	280,00	430,61	
30/03/2021	88,93	88,93	408,00	217,97	280,00	217,97	
31/03/2021	113,40	113,40	430,95	263,14	280,00	263,14	
Março	3482,20	2.639,89	11.948,80	5.954,59	9.373,07		
01/04/2021	119,36	108,81	388,59	280,00	280,00	307,16	
02/04/2021	122,36	39,95	142,69	280,00	280,00	857,52	
03/04/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
04/04/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
05/04/2021	45,95	45,95	481,31	95,47	280,00	95,47	
06/04/2021	238,24	114,43	408,67	280,00	280,00	582,96	
07/04/2021	132,91	122,18	436,37	280,00	280,00	304,58	
08/04/2021	140,14	94,35	336,97	280,00	280,00	415,88	
09/04/2021	134,11	118,72	424,00	280,00	280,00	316,30	

10/04/2021	92,15	92,15	439,51	209,67	280,00	209,67	
11/04/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
12/04/2021	192,19	119,23	425,81	280,00	280,00	451,35	
13/04/2021	108,11	108,11	497,74	217,20	280,00	217,20	
14/04/2021	102,37	102,37	475,65	215,22	280,00	215,22	
15/04/2021	102,32	102,32	457,72	223,54	280,00	223,54	
16/04/2021	166,76	135,82	485,08	280,00	280,00	343,78	
17/04/2021	90,55	90,55	455,02	199,00	280,00	199,00	
18/04/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
19/04/2021	107,14	107,14	507,06	211,30	280,00	211,30	
20/04/2021	139,78	120,31	429,69	280,00	280,00	325,30	
21/04/2021	135,49	130,77	467,04	280,00	280,00	290,10	
22/04/2021	121,51	121,51	488,54	248,72	280,00	248,72	
23/04/2021	121,49	121,49	478,01	254,16	280,00	254,16	
24/04/2021	108,39	108,39	487,25	222,45	280,00	222,45	
25/04/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
26/04/2021	93,22	93,22	491,29	189,75	280,00	189,75	
27/04/2021	95,56	95,56	471,97	202,47	280,00	202,47	
28/04/2021	82,93	82,93	446,70	185,65	280,00	185,65	
29/04/2021	82,93	82,93	487,63	170,07	280,00	170,07	
30/04/2021	106,01	106,01	418,77	253,15	280,00	253,15	
Abril	2981,97	2.565,21	11.029,07	5.897,81	9.600,00		
01/05/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
02/05/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
03/05/2021	189,59	132,86	458,14	290,00	290,00	413,83	
04/05/2021	155,05	122,72	423,18	290,00	290,00	366,39	
05/05/2021	117,91	117,91	453,82	259,82	290,00	259,82	
06/05/2021	100,83	100,83	460,92	218,76	290,00	218,76	
07/05/2021	109,26	109,26	455,35	239,95	290,00	239,95	
08/05/2021	141,90	138,26	476,77	290,00	290,00	297,63	
09/05/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
10/05/2021	92,02	92,02	483,85	190,18	290,00	190,18	
11/05/2021	115,56	115,56	478,41	241,55	290,00	241,55	
12/05/2021	134,25	134,25	494,21	271,65	290,00	271,65	
13/05/2021	130,24	130,24	498,27	261,38	290,00	261,38	
14/05/2021	122,63	122,63	530,95	230,96	290,00	230,96	
15/05/2021	172,88	148,34	511,53	290,00	290,00	337,97	
16/05/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
17/05/2021	102,77	102,77	439,55	233,81	290,00	233,81	
18/05/2021	98,09	98,09	483,80	202,75	290,00	202,75	
19/05/2021	116,44	116,44	449,46	259,07	290,00	259,07	
20/05/2021	123,37	123,37	442,57	278,76	290,00	278,76	
21/05/2021	124,48	124,48	499,40	249,26	290,00	249,26	
22/05/2021	142,98	134,21	462,81	290,00	290,00	308,94	
23/05/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	

24/05/2021	151,26	144,59	498,58	290,00	290,00	303,38
25/05/2021	119,66	119,66	495,68	241,41	290,00	241,41
26/05/2021	118,00	118,00	465,48	253,50	290,00	253,50
27/05/2021	123,19	123,19	427,28	288,31	290,00	288,31
28/05/2021	111,64	111,64	458,01	243,75	290,00	243,75
29/05/2021	0,00	0,00	460,80	0,00	290,00	0,00
30/05/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00
31/05/2021	0,00	0,00	693,72	0,00	290,00	0,00
Mai	2914,00	2.781,33	12.002,53	5.904,86	10.113,00	
01/06/2021	103,29	103,29	410,00	251,93	290,00	251,93
02/06/2021	139,04	134,73	464,58	290,00	290,00	299,28
03/06/2021	135,66	113,95	392,92	290,00	290,00	345,26
04/06/2021	157,96	134,77	464,72	290,00	290,00	339,90
05/06/2021	115,42	115,42	445,03	259,35	290,00	259,35
06/06/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00
07/06/2021	111,72	111,72	410,02	272,47	290,00	272,47
08/06/2021	118,62	118,62	448,44	264,52	290,00	264,52
09/06/2021	154,33	122,09	421,00	290,00	290,00	366,58
10/06/2021	102,49	102,49	457,64	223,95	290,00	223,95
11/06/2021	127,43	122,71	423,14	290,00	290,00	301,15
12/06/2021	125,03	125,03	444,53	281,26	290,00	281,26
13/06/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00
14/06/2021	198,06	141,04	486,34	290,00	290,00	407,25
15/06/2021	112,14	112,14	473,82	236,67	290,00	236,67
16/06/2021	129,75	129,75	459,55	282,34	290,00	282,34
17/06/2021	145,65	129,78	447,51	290,00	290,00	325,47
18/06/2021	149,45	127,05	438,11	290,00	290,00	341,12
19/06/2021	144,98	130,04	448,42	290,00	290,00	323,31
20/06/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00
21/06/2021	144,98	134,40	463,44	290,00	290,00	312,83
22/06/2021	105,73	105,73	455,98	231,87	290,00	231,87
23/06/2021	138,31	124,26	428,48	290,00	290,00	322,79
24/06/2021	140,69	138,72	478,35	290,00	290,00	294,12
25/06/2021	138,39	120,55	415,68	290,00	290,00	332,92
26/06/2021	178,37	123,08	424,40	290,00	290,00	420,29
27/06/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00
28/06/2021	178,37	121,80	420,00	290,00	290,00	424,69
29/06/2021	136,97	128,59	443,40	290,00	290,00	308,91
30/06/2021	156,82	132,30	456,20	290,00	290,00	343,75
Junho	3589,65	3.204,03	11.521,70	7.234,38	9.987,00	
01/07/2021	135,06	131,06	451,92	290,00	290,00	298,86
02/07/2021	139,00	125,79	433,77	290,00	290,00	320,45
03/07/2021	130,90	130,90	469,70	278,69	290,00	278,69
04/07/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00
05/07/2021	268,74	134,35	463,26	290,00	290,00	580,11

06/07/2021	141,49	132,82	458,00	290,00	290,00	308,93	
07/07/2021	147,91	125,38	432,35	290,00	290,00	342,11	
08/07/2021	130,11	128,02	441,44	290,00	290,00	294,74	
09/07/2021	145,17	143,21	493,83	290,00	290,00	293,97	
10/07/2021	156,13	138,30	476,88	290,00	290,00	327,40	
11/07/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
12/07/2021	130,03	130,03	458,15	283,82	290,00	283,82	
13/07/2021	131,13	130,36	449,52	290,00	290,00	291,71	
14/07/2021	136,97	134,15	462,58	290,00	290,00	296,10	
15/07/2021	138,31	130,48	449,93	290,00	290,00	307,40	
16/07/2021	137,27	134,55	463,98	290,00	290,00	295,85	
17/07/2021	138,81	129,90	447,94	290,00	290,00	309,89	
18/07/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
19/07/2021	134,58	134,58	508,37	264,73	290,00	264,73	
20/07/2021	102,05	102,05	483,25	211,17	290,00	211,17	
21/07/2021	97,10	97,10	457,00	212,47	290,00	212,47	
22/07/2021	130,23	125,72	433,50	290,00	290,00	300,42	
23/07/2021	127,79	127,79	456,55	279,90	290,00	279,90	
24/07/2021	80,90	80,90	445,59	181,56	290,00	181,56	
25/07/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
26/07/2021	72,81	72,81	0,00	0,00	290,00	0,00	
27/07/2021	49,00	49,00	431,06	113,67	290,00	113,67	
28/07/2021	121,65	121,65	434,21	280,16	290,00	280,16	
29/07/2021	113,26	113,26	445,60	254,17	290,00	254,17	
30/07/2021	145,39	127,29	438,94	290,00	290,00	331,23	
31/07/2021	131,12	121,89	420,30	290,00	290,00	311,97	
Julho	3512,91	3.253,33	11.807,62	7.000,35	10.766,00		
01/08/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
02/08/2021	70,56	70,56	483,64	145,89	290,00	145,89	
03/08/2021	134,33	129,63	446,99	290,00	290,00	300,52	
04/08/2021	141,52	129,10	445,18	290,00	290,00	317,89	
05/08/2021	112,61	112,61	443,25	254,06	290,00	254,06	
06/08/2021	114,12	111,88	385,80	290,00	290,00	295,80	
07/08/2021	137,79	123,36	425,39	290,00	290,00	323,91	
08/08/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
09/08/2021	144,63	140,69	485,13	290,00	290,00	298,13	
10/08/2021	96,41	96,41	466,65	206,60	290,00	206,60	
11/08/2021	152,44	131,73	454,25	290,00	290,00	335,59	
12/08/2021	119,81	119,81	438,13	273,46	290,00	273,46	
13/08/2021	129,77	129,77	452,51	286,78	290,00	286,78	
14/08/2021	121,15	121,15	421,92	287,14	290,00	287,14	
15/08/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
16/08/2021	134,38	125,78	433,72	290,00	290,00	309,83	
17/08/2021	147,69	111,49	384,44	290,00	290,00	384,17	
18/08/2021	153,94	126,79	437,20	290,00	290,00	352,10	

19/08/2021	115,23	115,23	406,24	283,65	290,00	283,65	
20/08/2021	108,90	108,90	398,62	273,19	290,00	273,19	
21/08/2021	103,39	103,39	386,26	267,67	290,00	267,67	
22/08/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
23/08/2021	178,82	129,36	446,07	290,00	290,00	400,88	
24/08/2021	72,56	72,56	419,11	173,13	290,00	173,13	
25/08/2021	143,55	127,44	439,46	290,00	290,00	326,65	
26/08/2021	88,00	88,00	422,67	208,20	290,00	208,20	
27/08/2021	122,59	122,59	431,53	284,08	290,00	284,08	
28/08/2021	120,12	120,12	416,86	288,15	290,00	288,15	
29/08/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	290,00	0,00	
30/08/2021	114,10	114,10	507,00	225,05	290,00	225,05	
31/08/2021	138,41	138,41	483,48	286,28	290,00	286,28	
Agosto	3216,82	2.950,30	11.361,50	6.787,44	10.248,00		
01/09/2021	95,26	95,26	410,24	232,21	280,00	232,21	
02/09/2021	116,08	116,08	426,22	272,35	280,00	272,35	
03/09/2021	114,84	114,84	462,11	248,51	280,00	248,51	
04/09/2021	122,05	44,36	158,42	280,00	280,00	770,44	
05/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
06/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
07/09/2021	127,03	83,47	298,12	280,00	280,00	426,10	
08/09/2021	73,22	36,44	130,13	280,00	280,00	562,66	
09/09/2021	115,02	115,02	479,47	239,89	280,00	239,89	
10/09/2021	118,00	118,00	455,27	259,19	280,00	259,19	
11/09/2021	127,98	127,98	458,94	278,86	280,00	278,86	
12/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
13/09/2021	118,95	118,95	445,02	267,29	280,00	267,29	
14/09/2021	114,05	114,05	457,31	249,39	280,00	249,39	
15/09/2021	123,59	123,59	462,36	267,30	280,00	267,30	
16/09/2021	115,81	115,81	454,94	254,56	280,00	254,56	
17/09/2021	108,04	107,82	385,07	280,00	280,00	280,57	
18/09/2021	110,79	108,39	387,11	280,00	280,00	286,20	
19/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
20/09/2021	118,32	118,32	499,21	237,01	280,00	237,01	
21/09/2021	113,44	113,44	456,42	248,54	280,00	248,54	
22/09/2021	118,05	118,05	457,12	258,25	280,00	258,25	
23/09/2021	110,10	110,10	473,46	232,54	280,00	232,54	
24/09/2021	93,99	93,99	484,43	194,02	280,00	194,02	
25/09/2021	69,80	69,80	451,13	154,72	280,00	154,72	
26/09/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
27/09/2021	108,65	108,65	461,19	235,59	280,00	235,59	
28/09/2021	108,28	108,28	484,78	223,36	280,00	223,36	
29/09/2021	104,64	104,64	554,63	188,67	280,00	188,67	
30/09/2021	110,05	110,05	537,04	204,92	280,00	204,92	
Setembro	2756,03	2.595,38	10.730,14	6.147,18	9.988,00		

01/10/2021	105,24	105,24	473,01	222,49	280,00	222,49	
02/10/2021	98,90	98,90	449,09	220,22	280,00	220,22	
03/10/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
04/10/2021	104,44	104,44	475,97	219,43	280,00	219,43	
05/10/2021	134,35	133,45	476,60	280,00	280,00	281,89	
06/10/2021	166,50	126,45	451,61	280,00	280,00	368,68	
07/10/2021	101,58	94,40	337,15	280,00	280,00	301,29	
08/10/2021	105,00	105,00	440,91	238,14	280,00	238,14	
09/10/2021	250,00	120,55	430,53	280,00	280,00	580,68	
10/10/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
11/10/2021	132,99	117,89	421,05	280,00	280,00	315,85	
12/10/2021	24,30	24,30	0,00	0,00	280,00	0,00	
13/10/2021	140,00	91,85	328,04	280,00	280,00	426,78	
14/10/2021	118,54	118,54	470,11	252,15	280,00	252,15	
15/10/2021	94,25	94,25	404,92	232,76	280,00	232,76	
16/10/2021	164,16	95,44	340,86	280,00	280,00	481,61	
17/10/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
18/10/2021	120,85	120,85	602,14	200,70	280,00	200,70	
19/10/2021	169,69	138,27	493,83	280,00	280,00	343,62	
20/10/2021	155,00	136,78	488,49	280,00	280,00	317,30	
21/10/2021	123,17	123,17	466,54	264,01	280,00	264,01	
22/10/2021	128,66	128,66	474,94	270,90	280,00	270,90	
23/10/2021	135,15	125,59	448,52	280,00	280,00	301,32	
24/10/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	280,00	0,00	
25/10/2021	135,13	100,83	360,10	280,00	280,00	375,26	
26/10/2021	92,77	92,77	461,99	200,81	280,00	200,81	
27/10/2021	114,29	114,29	471,29	242,50	280,00	242,50	
28/10/2021	129,01	127,80	456,42	280,00	280,00	282,66	
29/10/2021	110,38	110,38	448,31	246,21	280,00	246,21	
30/10/2021	0,00	0,00	480,21	0,00	280,00	0,00	
31/10/2021	0,00	0,00	191,16	0,00	280,00	0,00	
Outubro	3154,35	2.750,09	11.343,79	6.170,33	9.639,00		
01/11/2021	149,15	112,80	417,76	270,00	270,00	357,02	
02/11/2021	117,91	117,91	476,21	247,60	270,00	247,60	
03/11/2021	110,20	110,20	434,76	253,47	270,00	253,47	
04/11/2021	119,50	119,50	446,02	267,93	270,00	267,93	
05/11/2021	81,48	81,48	463,71	175,71	270,00	175,71	
06/11/2021	131,88	127,06	470,59	270,00	270,00	280,24	
07/11/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
08/11/2021	102,05	102,05	482,53	211,49	270,00	211,49	
09/11/2021	120,48	120,48	467,00	257,99	270,00	257,99	
10/11/2021	122,06	122,06	462,64	263,83	270,00	263,83	
11/11/2021	107,85	107,85	446,32	241,64	270,00	241,64	
12/11/2021	110,58	110,58	440,21	251,20	270,00	251,20	
13/11/2021	161,61	119,30	441,85	270,00	270,00	365,76	

14/11/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
15/11/2021	99,59	99,59	463,85	214,70	270,00	214,70	
16/11/2021	128,56	121,26	449,11	270,00	270,00	286,26	
17/11/2021	99,79	99,79	472,03	211,41	270,00	211,41	
18/11/2021	142,31	121,70	450,75	270,00	270,00	315,72	
19/11/2021	134,29	121,14	448,65	270,00	270,00	299,32	
20/11/2021	119,60	119,60	463,36	258,11	270,00	258,11	
21/11/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
22/11/2021	163,13	117,37	434,72	270,00	270,00	375,25	
23/11/2021	69,00	69,00	464,21	148,64	270,00	148,64	
24/11/2021	117,45	117,27	434,35	270,00	270,00	270,40	
25/11/2021	149,60	125,86	466,14	270,00	270,00	320,94	
26/11/2021	116,41	116,41	450,14	258,61	270,00	258,61	
27/11/2021	183,84	127,23	471,23	270,00	270,00	390,13	
28/11/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00	0,00	
29/11/2021	107,41	107,41	447,19	240,19	270,00	240,19	
30/11/2021	20,00	20,00	470,00	42,55	270,00	42,55	
Novembro	3085,73	2.834,90	11.835,33	6.245,08	9.616,00		
01/12/2021	130,17	110,45	409,07	270,00	270,00		
02/12/2021	146,01	112,55	416,84	270,00	270,00		
03/12/2021	143,69	130,02	481,57	270,00	270,00		
04/12/2021	100,64	100,64	453,55	221,89	270,00		
05/12/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00		
06/12/2021	137,65	119,23	441,61	270,00	270,00		
07/12/2021	111,15	108,78	402,88	270,00	270,00		
08/12/2021	128,80	120,00	444,43	270,00	270,00		
09/12/2021	108,34	108,34	419,80	258,08	270,00		
10/12/2021	151,67	115,33	427,14	270,00	270,00		
11/12/2021	120,97	115,89	429,22	270,00	270,00		
12/12/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00		
13/12/2021	120,22	116,82	432,65	270,00	270,00		
14/12/2021	118,26	109,72	406,37	270,00	270,00		
15/12/2021	125,87	108,46	401,72	270,00	270,00		
16/12/2021	132,52	117,40	434,80	270,00	270,00		
17/12/2021	122,36	108,43	401,58	270,00	270,00		
18/12/2021	126,51	108,52	401,92	270,00	270,00		
19/12/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00		
20/12/2021	122,00	110,97	411,00	270,00	270,00		
21/12/2021	121,61	118,84	440,14	270,00	270,00		
22/12/2021	120,00	110,02	407,49	270,00	270,00		
23/12/2021	107,02	107,02	399,13	268,13	270,00		
24/12/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00		
25/12/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00		
26/12/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00		
27/12/2021	130,63	113,79	421,43	270,00	270,00		

28/12/2021	119,48	112,90	418,15	270,00	270,00		
29/12/2021	114,93	114,93	437,11	262,93	270,00		
30/12/2021	120,08	103,71	384,10	270,00	270,00		
31/12/2021	0,00	0,00	0,00	0,00	270,00		
Dezembro	2.980,58	2.702,74	10.123,70	6.411,03	10.264,00		
Total ANO	37.504,65	32.838,88	133.527,79	74.648,67			

Data	Lenha de Eucalipto Seca m³	Valor Unitário do item	Lenha de Acácia-negra Seca m³	Valor Unitário do item	Lenha fazenda interna m³	Valor Unitário do item	m³ total
sábado, 1 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
domingo, 2 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 3 de janeiro de 2022	100,11	74,48	0,00	0,00	57,04	69,63	157,15
terça-feira, 4 de janeiro de 2022	96,14	74,48	0,00	0,00	19,58	69,63	115,72
quarta-feira, 5 de janeiro de 2022	71,74	74,48	0,00	0,00	71,81	69,63	143,55
quinta-feira, 6 de janeiro de 2022	47,83	74,48	0,00	0,00	64,76	69,63	112,59
sexta-feira, 7 de janeiro de 2022	64,73	74,48	0,00	0,00	57,05	69,63	121,78
sábado, 8 de janeiro de 2022	50,21	74,48	0,00	0,00	45,13	69,63	95,34
domingo, 9 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 10 de janeiro de 2022	54,52	74,48	0,00	0,00	94,44	69,33	148,96
terça-feira, 11 de janeiro de 2022	49,79	74,48	0,00	0,00	70,80	69,63	120,59
quarta-feira, 12 de janeiro de 2022	39,91	74,48	0,00	0,00	83,86	69,63	123,77
quinta-feira, 13 de janeiro de 2022	44,84	74,48	0,00	0,00	85,37	69,63	130,21
sexta-feira, 14 de janeiro de 2022	58,24	74,48	0,00	0,00	65,74	69,63	123,98
sábado, 15 de janeiro de 2022	59,62	74,48	0,00	0,00	48,24	69,63	107,86
domingo, 16 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 17 de janeiro de 2022	84,66	74,48	0,00	0,00	39,00	69,63	123,66
terça-feira, 18 de janeiro de 2022	65,08	74,48	0,00	0,00	52,32	69,63	117,40
quarta-feira, 19 de janeiro de 2022	82,09	74,48	0,00	0,00	50,47	69,63	132,56
quinta-feira, 20 de janeiro de 2022	65,90	74,48	0,00	0,00	52,50	69,63	118,40
sexta-feira, 21 de janeiro de 2022	60,97	74,48	0,00	0,00	37,61	69,63	98,58
sábado, 22 de janeiro de 2022	95,60	74,48	0,00	0,00	23,40	69,63	119,00
domingo, 23 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 24 de janeiro de 2022	83,75	74,48	0,00	0,00	25,08	69,63	108,83
terça-feira, 25 de janeiro de 2022	78,03	74,48	0,00	0,00	39,72	69,63	117,75
quarta-feira, 26 de janeiro de 2022	81,93	74,48	0,00	0,00	26,39	69,63	108,32
quinta-feira, 27 de janeiro de 2022	50,16	74,48	0,00	0,00	59,19	69,63	109,35
sexta-feira, 28 de janeiro de 2022	90,86	74,48	0,00	0,00	0,00	0,00	90,86
sábado, 29 de janeiro de 2022	82,82	74,48	0,00	0,00	46,03	69,63	128,85

domingo, 30 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 31 de janeiro de 2022	99,06	74,48	0,00	0,00	0,00	0,00	99,06
	1758,59	1862,00	0,00	0,00	1215,53	1601,19	2974,12
terça-feira, 1 de fevereiro de 2022	56,24	74,45	0,00	0,00	68,10	78,04	124,34
quarta-feira, 2 de fevereiro de 2022	52,29	74,45	0,00	0,00	58,86	78,04	111,15
quinta-feira, 3 de fevereiro de 2022	52,95	74,45	0,00	0,00	67,12	78,04	120,07
sexta-feira, 4 de fevereiro de 2022	60,81	74,45	0,00	0,00	44,19	78,04	105,00
sábado, 5 de fevereiro de 2022	76,87	74,45	0,00	0,00	41,21	78,04	118,08
domingo, 6 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 7 de fevereiro de 2022	60,00	74,45	0,00	0,00	72,05	78,04	132,05
terça-feira, 8 de fevereiro de 2022	65,20	74,45	0,00	0,00	40,53	78,04	105,73
quarta-feira, 9 de fevereiro de 2022	82,54	74,45	0,00	0,00	58,30	78,04	140,84
quinta-feira, 10 de fevereiro de 2022	84,00	74,45	0,00	0,00	48,84	78,04	132,84
sexta-feira, 11 de fevereiro de 2022	42,50	74,45	0,00	0,00	62,02	64,68	104,52
sábado, 12 de fevereiro de 2022	26,38	74,45	0,00	0,00	92,00	64,68	118,38
domingo, 13 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 14 de fevereiro de 2022	19,47	74,45	0,00	0,00	100,21	64,68	119,68
terça-feira, 15 de fevereiro de 2022	40,00	74,45	0,00	0,00	75,00	64,68	115,00
quarta-feira, 16 de fevereiro de 2022	38,77	74,45	0,00	0,00	83,00	64,68	121,77
quinta-feira, 17 de fevereiro de 2022	27,00	74,45	0,00	0,00	88,20	64,68	115,20
sexta-feira, 18 de fevereiro de 2022	15,51	74,45	0,00	0,00	95,04	64,68	110,55
sábado, 19 de fevereiro de 2022	17,50	74,45	0,00	0,00	99,28	64,68	116,78
domingo, 20 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 21 de fevereiro de 2022	48,15	74,45	0,00	0,00	55,10	78,04	103,25
terça-feira, 22 de fevereiro de 2022	30,41	74,45	0,00	0,00	83,51	78,04	113,92
quarta-feira, 23 de fevereiro de 2022	53,55	74,45	0,00	0,00	63,68	63,26	117,23
quinta-feira, 24 de fevereiro de 2022	42,85	74,45	0,00	0,00	61,56	63,56	104,41
sexta-feira, 25 de fevereiro de 2022	20,19	74,45	0,00	0,00	81,08	63,56	101,27
sábado, 26 de fevereiro de 2022	15,15	74,45	0,00	0,00	102,43	63,56	117,58
domingo, 27 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 28 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	120,45	63,56	120,45
	1028,33	1712,35	0,00	0,00	1761,76	1693,38	2790,09
terça-feira, 1 de março de 2022	97,27	74,45	0,00	0,00	0,00	0,00	97,27
quarta-feira, 2 de março de 2022	47,38	74,45	0,00	0,00	50,08	64,97	97,46
quinta-feira, 3 de março de 2022	28,45	74,45	0,00	0,00	77,16	64,97	105,61
sexta-feira, 4 de março de 2022	51,48	74,45	0,00	0,00	57,62	64,97	109,10
sábado, 5 de março de 2022	58,76	74,45	0,00	0,00	85,00	64,97	143,76
domingo, 6 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 7 de março de 2022	29,37	74,45	0,00	0,00	90,95	64,97	120,32
terça-feira, 8 de março de 2022	16,33	74,45	0,00	0,00	95,48	64,97	111,81

quarta-feira, 9 de março de 2022	19,58	74,45	0,00	0,00	85,28	64,97	104,86
quinta-feira, 10 de março de 2022	10,02	74,45	0,00	0,00	94,22	64,97	104,24
sexta-feira, 11 de março de 2022	23,33	74,45	0,00	0,00	82,50	64,97	105,83
sábado, 12 de março de 2022	44,67	74,45	0,00	0,00	56,25	64,97	100,92
domingo, 13 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 14 de março de 2022	28,34	74,45	0,00	0,00	78,15	64,97	106,49
terça-feira, 15 de março de 2022	30,00	75,07	0,00	0,00	90,05	64,97	120,05
quarta-feira, 16 de março de 2022	53,40	74,45	0,00	0,00	52,13	64,97	105,53
quinta-feira, 17 de março de 2022	27,10	74,45	0,00	0,00	85,05	64,97	112,15
sexta-feira, 18 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	106,85	64,97	106,85
sábado, 19 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	98,75	64,97	98,75
domingo, 20 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 21 de março de 2022	80,00	74,45	0,00	0,00	23,00	64,97	103,00
terça-feira, 22 de março de 2022	22,00	74,45	0,00	0,00	92,00	64,97	114,00
quarta-feira, 23 de março de 2022	28,00	74,45	0,00	0,00	84,46	64,97	112,46
quinta-feira, 24 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	105,66	64,97	105,66
sexta-feira, 25 de março de 2022	30,00	74,45	0,00	0,00	72,28	64,97	102,28
sábado, 26 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	120,34	64,97	120,34
domingo, 27 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 28 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	80,99	64,97	80,99
terça-feira, 29 de março de 2022	27,89	74,45	0,00	0,00	69,87	64,97	97,76
quarta-feira, 30 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	122,43	64,97	122,43
quinta-feira, 31 de março de 2022	7,08	74,45	0,00	0,00	84,44	64,97	91,52
	760,45	1564,07	0,00	0,00	2140,99	1689,22	2901,44
sexta-feira, 1 de abril de 2022	49,04	77,39	0,00	0,00	70,42	69,33	119,46
sábado, 2 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	106,64	69,33	106,64
domingo, 3 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 4 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	106,00	69,33	106,00
terça-feira, 5 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	106,26	69,33	106,26
quarta-feira, 6 de abril de 2022	23,24	77,39	0,00	0,00	100,08	69,33	123,32
quinta-feira, 7 de abril de 2022	21,39	77,39	0,00	0,00	86,16	69,33	107,55
sexta-feira, 8 de abril de 2022	24,98	77,39	0,00	0,00	91,74	69,33	116,72
sábado, 9 de abril de 2022	41,58	77,39	0,00	0,00	68,30	69,33	109,88
domingo, 10 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 11 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	120,55	69,33	120,55
terça-feira, 12 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	95,45	69,33	95,45
quarta-feira, 13 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	105,71	69,33	105,71
quinta-feira, 14 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	106,85	69,33	106,85
sexta-feira, 15 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	32,34	69,33	32,34
sábado, 16 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
domingo, 17 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 18 de abril de 2022	30,00	79,05	0,00	0,00	82,82	69,33	112,82
terça-feira, 19 de abril de 2022	29,00	79,05	0,00	0,00	95,03	69,33	124,03

quarta-feira, 20 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	98,70	69,33	98,70
quinta-feira, 21 de abril de 2022	53,59	79,03	0,00	0,00	40,07	69,33	93,66
sexta-feira, 22 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	86,81	69,33	86,81
sábado, 23 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	100,05	69,33	100,05
domingo, 24 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
segunda-feira, 25 de abril de 2022	15,00	79,03	0,00	0,00	95,03	69,33	110,03
terça-feira, 26 de abril de 2022	25,00	79,03	0,00	0,00	81,08	69,33	106,08
quarta-feira, 27 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
quinta-feira, 28 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sexta-feira, 29 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
sábado, 30 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	312,82	782,14	0,00	0,00	1876,09	1456,53	2188,91

Data	Produção diária abate	Produção diária farinha	Produção diária total	Caldeira Berkes	Caldeira Bremer	Total Lenha m³
sábado, 1 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
domingo, 2 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 3 de janeiro de 2022	359,35	40,00	399,35			0,00
terça-feira, 4 de janeiro de 2022	372,26	53,00	425,26			0,00
quarta-feira, 5 de janeiro de 2022	368,48	52,00	420,48			0,00
quinta-feira, 6 de janeiro de 2022	359,44	50,00	409,44			0,00
sexta-feira, 7 de janeiro de 2022	362,80	50,00	412,80			0,00
sábado, 8 de janeiro de 2022	369,94	48,00	417,94			0,00
domingo, 9 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 10 de janeiro de 2022	372,33	50,00	422,33			0,00
terça-feira, 11 de janeiro de 2022	380,37	55,00	435,37			0,00
quarta-feira, 12 de janeiro de 2022	390,73	55,00	445,73			0,00
quinta-feira, 13 de janeiro de 2022	383,89	53,00	436,89			0,00
sexta-feira, 14 de janeiro de 2022	382,26	55,00	437,26			0,00
sábado, 15 de janeiro de 2022	365,33	50,00	415,33			0,00
domingo, 16 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 17 de janeiro de 2022	405,20	55,00	460,20			0,00
terça-feira, 18 de janeiro de 2022	402,06	55,00	457,06			0,00
quarta-feira, 19 de janeiro de 2022	383,88	55,00	438,88			0,00
quinta-feira, 20 de janeiro de 2022	368,84	66,00	434,84			0,00
sexta-feira, 21 de janeiro de 2022	380,03	60,00	440,03			0,00

sábado, 22 de janeiro de 2022	362,40	50,00	412,40			0,00
domingo, 23 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 24 de janeiro de 2022	437,36	59,00	496,36			0,00
terça-feira, 25 de janeiro de 2022	414,60	57,00	471,60			0,00
quarta-feira, 26 de janeiro de 2022	384,21	54,00	438,21			0,00
quinta-feira, 27 de janeiro de 2022	398,14	55,00	453,14			0,00
sexta-feira, 28 de janeiro de 2022	379,04	50,00	429,04			0,00
sábado, 29 de janeiro de 2022	391,03	55,00	446,03			0,00
domingo, 30 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 31 de janeiro de 2022	393,58	41,00	434,58			0,00
	9567,55	1323,00	10890,55			0,00
terça-feira, 1 de fevereiro de 2022	359,17	50,00	409,17	90,00	24,00	114,00
quarta-feira, 2 de fevereiro de 2022	385,23	55,00	440,23	85,00	24,00	109,00
quinta-feira, 3 de fevereiro de 2022	405,40	55,00	460,40	85,00	31,00	116,00
sexta-feira, 4 de fevereiro de 2022	386,97	54,00	440,97			0,00
sábado, 5 de fevereiro de 2022	384,67	51,00	435,67	85,00	31,00	116,00
domingo, 6 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 7 de fevereiro de 2022	368,86	50,00	418,86	85,00	26,00	111,00
terça-feira, 8 de fevereiro de 2022	398,97	55,00	453,97	90,00	24,00	114,00
quarta-feira, 9 de fevereiro de 2022	394,37	51,00	445,37	90,00	24,00	114,00
quinta-feira, 10 de fevereiro de 2022	392,36	62,00	454,36	85,00	24,00	109,00
sexta-feira, 11 de fevereiro de 2022	425,46	30,00	455,46	70,00	24,00	94,00
sábado, 12 de fevereiro de 2022	394,41	0,00	394,41	70,00	28,00	98,00
domingo, 13 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 14 de fevereiro de 2022	437,33	50,00	487,33	90,00	26,00	116,00
terça-feira, 15 de fevereiro de 2022	389,37	64,00	453,37	85,00	24,00	109,00
quarta-feira, 16 de fevereiro de 2022	375,40	56,00	431,40	90,00	26,00	116,00
quinta-feira, 17 de fevereiro de 2022	381,71	66,00	447,71	90,00	24,00	114,00
sexta-feira, 18 de fevereiro de 2022	389,48	59,00	448,48	90,00	24,00	114,00
sábado, 19 de fevereiro de 2022	384,67	70,00	454,67	90,00	22,00	112,00
domingo, 20 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 21 de fevereiro de 2022	376,18	65,00	441,18	90,00	28,00	118,00
terça-feira, 22 de fevereiro de 2022	366,56	60,00	426,56	90,00	26,00	116,00
quarta-feira, 23 de fevereiro de 2022	375,46	60,00	435,46	90,00	24,00	114,00

quinta-feira, 24 de fevereiro de 2022	411,21	55,00	466,21	90,00	26,00	116,00
sexta-feira, 25 de fevereiro de 2022	386,22	55,00	441,22	90,00	24,00	114,00
sábado, 26 de fevereiro de 2022	375,32	54,00	429,32	85,00	24,00	109,00
domingo, 27 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 28 de fevereiro de 2022	390,39	55,00	445,39	90,00	28,00	118,00
	9335,17	1282,00	10617,17			0,00
terça-feira, 1 de março de 2022	366,84	50,00	416,84	95	23	118
quarta-feira, 2 de março de 2022	377,07	55,00	432,07	88	31	119
quinta-feira, 3 de março de 2022	368,74	63,00	431,74	72	27	99
sexta-feira, 4 de março de 2022	371,07	53,00	424,07	76	28	104
sábado, 5 de março de 2022	371,07	52,00	423,07	93	22	115
domingo, 6 de março de 2022	0,00	0,00	0,00			0
segunda-feira, 7 de março de 2022	368,35	55,00	423,35	75	23	98
terça-feira, 8 de março de 2022	406,04	58,00	464,04	90	23	113
quarta-feira, 9 de março de 2022	402,16	55,00	457,16	87	24	111
quinta-feira, 10 de março de 2022	411,29	59,00	470,29	89	22	111
sexta-feira, 11 de março de 2022	403,29	55,00	458,29	71	22	93
sábado, 12 de março de 2022	370,99	50,00	420,99	84	27	111
domingo, 13 de março de 2022	0,00	0,00	0,00			0
segunda-feira, 14 de março de 2022	372,25	50,00	422,25	88	22	110
terça-feira, 15 de março de 2022	391,43	60,00	451,43	93	31	124
quarta-feira, 16 de março de 2022	355,30	64,00	419,30	90	23	113
quinta-feira, 17 de março de 2022	385,93	50,00	435,93	72	26	98
sexta-feira, 18 de março de 2022	394,63	55,00	449,63	87	27	114
sábado, 19 de março de 2022	384,15	50,00	434,15	88	31	119
domingo, 20 de março de 2022	0,00	0,00	0,00			0
segunda-feira, 21 de março de 2022	389,44	50,00	439,44	93	28	121
terça-feira, 22 de março de 2022	413,18	60,00	473,18	85	24	109
quarta-feira, 23 de março de 2022	395,99	55,00	450,99	95	29	124
quinta-feira, 24 de março de 2022	392,60	50,00	442,60	91	24	115
sexta-feira, 25 de março de 2022	375,67	50,00	425,67	86	23	109
sábado, 26 de março de 2022	376,87	68,00	444,87	91	22	113
domingo, 27 de março de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 28 de março de 2022	292,46	31,81	324,26	85	24	109
terça-feira, 29 de março de 2022	386,01	41,81	427,81	74	31	105
quarta-feira, 30 de março de 2022	446,38	51,81	498,18	92	28	120
quinta-feira, 31 de março de 2022	435,48	51,81	487,28	76	23	99
	10404,67	1444,22	11848,89	78	24	102
sexta-feira, 1 de abril de 2022	422,81	55,00	477,81	71	30	101

sábado, 2 de abril de 2022	383,38	50,00	433,38			0
domingo, 3 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	89	27	116
segunda-feira, 4 de abril de 2022	381,28	57,45	438,73	76	28	104
terça-feira, 5 de abril de 2022	380,19	50,00	430,19	88	26	114
quarta-feira, 6 de abril de 2022	464,06	50,00	514,06	71	28	99
quinta-feira, 7 de abril de 2022	375,31	50,00	425,31	70	23	93
sexta-feira, 8 de abril de 2022	426,32	55,00	481,32	87	28	115
sábado, 9 de abril de 2022	409,68	50,00	459,68			0
domingo, 10 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00	71	26	97
segunda-feira, 11 de abril de 2022	385,36	47,00	432,36	71	29	100
terça-feira, 12 de abril de 2022	372,61	25,00	397,61	77	29	106
quarta-feira, 13 de abril de 2022	368,59	24,70	393,29	92	28	120
quinta-feira, 14 de abril de 2022	387,74	22,00	409,74	89	29	118
sexta-feira, 15 de abril de 2022	135,23	0,00	135,23	81	22	103
sábado, 16 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
domingo, 17 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00			0,00
segunda-feira, 18 de abril de 2022	378,89	21,60	400,49	92	27	119
terça-feira, 19 de abril de 2022	376,75	21,00	397,75	70	22	92
quarta-feira, 20 de abril de 2022	365,54	16,20	381,74	84	25	109
quinta-feira, 21 de abril de 2022	407,66	18,00	425,66	88	22	110
sexta-feira, 22 de abril de 2022	385,00	0,00	385,00	73	24	97
sábado, 23 de abril de 2022	440,27	15,00	455,27	77	22	99
domingo, 24 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00			0
segunda-feira, 25 de abril de 2022	407,79	33,00	440,79	80	28	108
terça-feira, 26 de abril de 2022	419,38	20,00	439,38	83	25	108
quarta-feira, 27 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00			
quinta-feira, 28 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00			
sexta-feira, 29 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00			
sábado, 30 de abril de 2022	0,00	0,00	0,00			
	8073,84	680,95	8754,79			0,00

Data	Total Lenha metros³	Lenha 1 turno	Lenha 2 turno	Lenha 3 turno	Kgcomb/Ton
sábado, 1 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
domingo, 2 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 3 de janeiro de 2022	119,00	39,00	40,00	40,00	393,51
terça-feira, 4 de janeiro de 2022	117,00	39,00	39,00	39,00	272,12
quarta-feira, 5 de janeiro de 2022	107,00	33,00	39,00	35,00	341,40

quinta-feira, 6 de janeiro de 2022	117,00	38,00	39,00	40,00	274,99
sexta-feira, 7 de janeiro de 2022	117,00	38,00	40,00	39,00	295,01
sábado, 8 de janeiro de 2022	112,00	38,00	36,00	38,00	228,12
domingo, 9 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 10 de janeiro de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	352,71
terça-feira, 11 de janeiro de 2022	117,00	38,00	40,00	39,00	276,98
quarta-feira, 12 de janeiro de 2022	116,00	38,00	39,00	39,00	277,68
quinta-feira, 13 de janeiro de 2022	116,00	38,00	39,00	39,00	298,04
sexta-feira, 14 de janeiro de 2022	105,00	33,00	34,00	38,00	283,54
sábado, 15 de janeiro de 2022	106,00	39,00	35,00	32,00	259,70
domingo, 16 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 17 de janeiro de 2022	114,00	38,00	37,00	39,00	268,71
terça-feira, 18 de janeiro de 2022	117,00	38,00	40,00	39,00	256,86
quarta-feira, 19 de janeiro de 2022	113,00	40,00	35,00	38,00	302,04
quinta-feira, 20 de janeiro de 2022	116,00	38,00	39,00	39,00	272,28
sexta-feira, 21 de janeiro de 2022	106,00	33,00	34,00	39,00	224,03
sábado, 22 de janeiro de 2022	108,00	38,00	37,00	33,00	288,55
domingo, 23 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 24 de janeiro de 2022	109,00	38,00	38,00	33,00	219,26
terça-feira, 25 de janeiro de 2022	113,00	35,00	39,00	39,00	249,68
quarta-feira, 26 de janeiro de 2022	112,00	38,00	35,00	39,00	247,19
quinta-feira, 27 de janeiro de 2022	116,00	39,00	39,00	38,00	241,32
sexta-feira, 28 de janeiro de 2022	116,00	39,00	39,00	38,00	211,78
sábado, 29 de janeiro de 2022	107,00	38,00	31,00	38,00	288,88
domingo, 30 de janeiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 31 de janeiro de 2022	117,00	39,00	40,00	38,00	227,94
	0,00				273,09
terça-feira, 1 de fevereiro de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	303,88
quarta-feira, 2 de fevereiro de 2022	109,00	38,00	33,00	38,00	252,48
quinta-feira, 3 de fevereiro de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	260,79
sexta-feira, 4 de fevereiro de 2022	118,00	38,00	40,00	40,00	238,11
sábado, 5 de fevereiro de 2022	116,00	40,00	38,00	38,00	271,03
domingo, 6 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 7 de fevereiro de 2022	116,00	36,00	40,00	40,00	315,26
terça-feira, 8 de fevereiro de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	232,90
quarta-feira, 9 de fevereiro de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	316,23
quinta-feira, 10 de fevereiro de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	292,37
sexta-feira, 11 de fevereiro de 2022	61,00	38,00	18,00	5,00	229,48
sábado, 12 de fevereiro de 2022	28,00	10,00	8,00	10,00	300,14
domingo, 13 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	

segunda-feira, 14 de fevereiro de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	245,58
terça-feira, 15 de fevereiro de 2022	109,00	38,00	33,00	38,00	253,66
quarta-feira, 16 de fevereiro de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	282,27
quinta-feira, 17 de fevereiro de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	257,31
sexta-feira, 18 de fevereiro de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	246,50
sábado, 19 de fevereiro de 2022	112,00	38,00	36,00	38,00	256,85
domingo, 20 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 21 de fevereiro de 2022	118,00	40,00	40,00	38,00	234,03
terça-feira, 22 de fevereiro de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	267,07
quarta-feira, 23 de fevereiro de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	269,21
quinta-feira, 24 de fevereiro de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	223,95
sexta-feira, 25 de fevereiro de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	229,52
sábado, 26 de fevereiro de 2022	109,00	38,00	33,00	38,00	273,87
domingo, 27 de fevereiro de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 28 de fevereiro de 2022	110,00	40,00	30,00	40,00	270,44
	0,00				262,79
terça-feira, 1 de março de 2022	115,00	40,00	38,00	37,00	233,35
quarta-feira, 2 de março de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	225,57
quinta-feira, 3 de março de 2022	126,00	38,00	50,00	38,00	244,61
sexta-feira, 4 de março de 2022	120,00	39,00	43,00	38,00	257,27
sábado, 5 de março de 2022	115,00	40,00	38,00	37,00	339,80
domingo, 6 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 7 de março de 2022	109,00	38,00	38,00	33,00	284,21
terça-feira, 8 de março de 2022	113,00	35,00	39,00	39,00	240,95
quarta-feira, 9 de março de 2022	112,00	38,00	35,00	39,00	229,37
quinta-feira, 10 de março de 2022	116,00	39,00	39,00	38,00	221,65
sexta-feira, 11 de março de 2022	116,00	39,00	39,00	38,00	230,92
sábado, 12 de março de 2022	107,00	38,00	31,00	38,00	239,72
domingo, 13 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 14 de março de 2022	118,00	40,00	40,00	38,00	252,20
terça-feira, 15 de março de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	265,93
quarta-feira, 16 de março de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	251,68
quinta-feira, 17 de março de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	257,27
sexta-feira, 18 de março de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	237,64
sábado, 19 de março de 2022	109,00	38,00	33,00	38,00	227,46
domingo, 20 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 21 de março de 2022	119,00	39,00	40,00	39,00	234,39
terça-feira, 22 de março de 2022	117,00	39,00	39,00	40,00	240,92

quarta-feira, 23 de março de 2022	107,00	33,00	39,00	39,00	249,36
quinta-feira, 24 de março de 2022	117,00	38,00	39,00	39,00	238,73
sexta-feira, 25 de março de 2022	117,00	38,00	40,00	39,00	240,28
sábado, 26 de março de 2022	112,00	38,00	36,00	40,00	270,51
domingo, 27 de março de 2022	0,00	0,00	0,00	0,00	
segunda-feira, 28 de março de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	249,77
terça-feira, 29 de março de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	228,51
quarta-feira, 30 de março de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	245,75
quinta-feira, 31 de março de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	187,82
sexta-feira, 1 de abril de 2022	109,00	38,00	33,00	38,00	250,02
sábado, 2 de abril de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	246,07
domingo, 3 de abril de 2022	0,00				
segunda-feira, 4 de abril de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	241,61
terça-feira, 5 de abril de 2022	114,00	38,00	38,00	38,00	247,01
quarta-feira, 6 de abril de 2022	115,00	40,00	38,00	37,00	239,89
quinta-feira, 7 de abril de 2022	109,00	38,00	33,00	38,00	252,87
sexta-feira, 8 de abril de 2022	109,00	38,00	33,00	38,00	242,50
sábado, 9 de abril de 2022	0,00				239,04
domingo, 10 de abril de 2022	0,00				
segunda-feira, 11 de abril de 2022	115,00	40,00	38,00	37,00	278,82
terça-feira, 12 de abril de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	240,06
quarta-feira, 13 de abril de 2022	126,00	38,00	50,00	38,00	268,78
quinta-feira, 14 de abril de 2022	120,00	39,00	43,00	38,00	260,78
sexta-feira, 15 de abril de 2022	115,00	40,00	38,00	37,00	239,15
sábado, 16 de abril de 2022	0,00				
domingo, 17 de abril de 2022	0,00				
segunda-feira, 18 de abril de 2022	115,00	40,00	38,00	37,00	281,70
terça-feira, 19 de abril de 2022	116,00	38,00	40,00	38,00	311,83
quarta-feira, 20 de abril de 2022	126,00	38,00	50,00	38,00	258,55
quinta-feira, 21 de abril de 2022	115,00	40,00	38,00	37,00	220,03
sexta-feira, 22 de abril de 2022	120,00	39,00	43,00	38,00	225,48
sábado, 23 de abril de 2022	0,00				
domingo, 24 de abril de 2022	0,00	35,00	35,00	38,00	251,68
segunda-feira, 25 de abril de 2022	0,00	36,00	38,00	38,00	257,27
terça-feira, 26 de abril de 2022	0,00	40,00	38,00	36,00	237,64
quarta-feira, 27 de abril de 2022	0,00				
quinta-feira, 28 de abril de 2022	0,00				
sexta-feira, 29 de abril de 2022	0,00				
sábado, 30 de abril de 2022	0,00				
	0,00				

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AccuWeather. **“Meteorologia Mensal Em Mato Grosso Do Sul, Brasil.”**
Accuweather.com, AccuWeather, 2022,
www.accuweather.com/pt/br/sidrol%C3%A2ndia/38822/december-weather/38822. Acesso
em 14/11/2022.

ALQDAH, Khaled S. **"Prospects of Energy Savings in the National Meat Processing Factory."** International Journal of Sustainable Energy 32.6 (2013): 670-81. Web.

ALTAFINI, Carlos R. **Curso de engenharia mecânica – disciplina de máquinas térmicas – apostila sobre caldeiras** – Universidade de Caxias do Sul, 2002. Disponível em:
<https://fluidcontrols.com.br/wp-content/uploads/2019/05/2-Apostilas-sobre-Caldeiras-Prof%C2%BA-Carlos-Alberto-Altafini.pdf>. Acesso em 16/07/2022.

ARRUDA, Mateus. **Análise de Combustíveis de Caldeiras.** 9/12/2009,
usuarios.upf.br/~engeamb/TCCs/2009-2/MATEUS%20ZART%20DE%20ARRUDA.pdf.
Acesso em 17/07/2022.

BALSOM, Aly. **"Make Your Energy Work for You."** Poultry World 169.3 (2014):
21. Web.

BAZZO, E. **Geração de vapor.** 2 ed. Florianópolis: UFSC, 1995.

BEGA, E. A. **Instrumentação aplicada ao controle de caldeiras.** 3.ed. Rio de Janeiro:
Interciência, 2003. 179 p.

BERKES DO BRASIL. **Prontuário Caldeira Berkes.** Uruguai, 2005.

BIZZO, W.A. **Apostila Geração, Distribuição e Utilização de vapor.** Unicamp, 2003.

BRUMAZI. “Area de atuação geral.”, 2013, [http://www.brumazi.com.br/area_atuacao_geral /data/](http://www.brumazi.com.br/area_atuacao_geral/data/). Acesso em 16/07/2022.

BUECKER, B. **Basics of Boiler and HRSG Design**. Oklahoma: Penn Well Corporation, 2002

CASTRO Oliveira, M.; ITEN, M.; MATOS, H.A. **Review on Water and Energy Integration in Process Industry: Water-Heat Nexus**. Sustainability 2022, 14, 7954. <https://doi.org/10.3390/su14137954>

ÇENGEL, Yunus; AFSHIN Ghajar. *Heat and Mass Transfer: Fundamentals & Applications*. New York McGraw-Hill Education Cop, 2015.

CLARKE, Philip; COOPER Olivia. "Biomass Boilers Ready to Turn Litter into a Profit." Poultry World 165.7 (2011): 34. Web.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. “Preocupação com insumos e custos de energia prejudicam desempenho da indústria”. Sondagem Industrial. ISSN 1676-0212. 9 (2021).

DIXON, R. K. et al. **US energy conservation and efficiency policies: Challenges and opportunities**. Energy Policy, v.11, p.6398-408, 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2021 - Ano Base 2020**. 2021.

GARCIA, R. **Combustíveis e combustão industrial**. Editora Interciência. Rio de Janeiro, 2002.

GELLER, H. et al. **Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil**. Energy Policy, v.32, n.12, p.1437-50, 2004.

GILMAN, G.F.; Gilman, J. **Boiler Control Systems Engineering**. Research Triangle Park: International Society of Automation, 2010.

GILMAN, G.F.; Gilman, J. **Boiler Control Systems Engineering**. Research Triangle Park: International Society of Automation, 2010

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. “**Data and Method - Global Footprint Network**.” **Footprintnetwork.org**, 2022, www.footprintnetwork.org/resources/data/. Acesso em 16/07/2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. “**Pesquisa Industrial Anual - Empresa | IBGE**.” [Www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), 2021, www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9042-pesquisa-industrial-anual.HTML?=&t=destaques.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. “**Relatório Dos Indicadores Para Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**.” Odsbrasil.gov.br, odsbrasil.gov.br/relatorio/sintese. Acesso em 16/07/2022.

LIN, David et al. “**Estimating the Date of Earth Overshoot Day 2022**.” 01/05/2022.

LOJA BRASIL VAPOR. https://www.lojabrasilvapor.com.br/purgador-boia-ft14x10-3-4-npt-ferro-nodular?selected=1922&utm_source=googleshopping. Acesso em 28/07/2022.

LORENSETTI, Rodrigo. “**Conheça Os Tipos de Combustíveis Utilizados Em Caldeiras**.” *COONTROL Tecnologia Em Combustão*, 25/03/2020, blog.coontrol.com.br/combustiveis-utilizados-em-caldeiras/#Principais_tipos_de_combustiveis_utilizados_em_caldeiras. Acesso em 17/07/2022.

LORENSETTI, Rodrigo. “**Veja Os Métodos de Análise Da Eficiência Energética Em Caldeiras Industriais.**” Coontrol Blog, 25 Mar. 2020, blog.coontrol.com.br/metodos-de-analise-da-eficiencia-energetica-em-caldeiras-industriais/. Acesso em 29/07/2022.

MAPA BRASIL. *Abate E Inspeção de Frangos de Corte*. 21 Nov. 2019.

MARTINELLI, J. **Geradores de Vapor**. UNIJU Campus Panambi, 2002. Disponível em: <http://www.saudeetrabalho.com.br/download/gera-vapor.pdf>.

PHILIPP, Maximilian; MASMOUDI, Khaoula; WELLMANN; Johannes HANENE; BOUSSELMI, Latifa; GEIßEN. Sven-uwe “**Slaughterhouse Wastewater Treatment: A Review on Recycling and Reuse Possibilities.**” *Water (Basel)* 13.22 (2021): 3175. Web.

MULTIAGUA. “**A Importância Do Tratamento Da Água de Caldeira Para Gerar Eficiência.**” Multiágua, multiagua.com.br/solucoes-industriais/geracao-de-vapor/a-importancia-do-tratamento-da-agua-de-caldeira-para-gerar-eficiencia/. Acesso em 29/07/2022.

O’KEEFE, Hsu Yuet Heung; **A crise do petróleo e a economia brasileira**; IPE-USP; 1984.

OLIVEIRA, Miguel; CASTRO, Miguel; MURIEL, Iten ; MATOS, Henrique. “**Review on Water and Energy Integration in Process Industry: Water-Heat Nexus.**” *Sustainability (Basel, Switzerland)* 14.13 (2022): 7954. Web.

PERA, H. **Geradores de vapor: um compêndio sobre a conversão de Energia com vistas à preservação da Ecologia**. 2. ed. São Paulo: Editora FAMA, 1990. 503p.

PERA, H., 1990, “**Geradores de Vapor**”, Editora Fama, São Paulo.

SALIBA, Messias; REIS Sofia. **NR-13 CALDEIRAS, VASOS de PRESSÃO, TUBULAÇÕES E TANQUES METÁLICOS de ARMAZENAMENTO**. 31/07/2019,

www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-13.pdf. Acesso em 16/07/2022.

SERFATY, R. **Combustão e queimadores**. CENPES. 2007

SILVA, B. C. F. e SILVA, V. da. **Combustíveis e queimadores em caldeiras**. PROMINP – Engenheiro de suprimentos. Disciplina: Fabricação e montagem de caldeiras e trocadores de calor. Escola Politécnica, departamento de Engenharia Mecânica. 2008

SPIRAX SARCO. **Engenharia de aplicação em linhas de vapor**. 10/06/2017.

TEIR, S. **Steam Boiler Technology**. 2.ed. Helsinki University of Technology. 2003. 218 p.

VELOSO, Lee. **“Espinha de Peixe: O Que é, Como Funciona E Vantagens | Moki.”** Moki Checklist, 7 Jan. 2022, site.moki.com.br/espina-de-peixe/. Acesso em 10/09/2022.

ZANG, ZHANG, JIA, WEGER, AND RATNER. "Clean Poultry Energy System Design Based on Biomass Gasification Technology: Thermodynamic and Economic Analysis." *Energies* (Basel) 12.22 (2019): 4235. Web.

KOWALSKI, Zygmunt; AGNIESZKA Makara. "Sustainable Systems for the Production of District Heating Using Meat-Bone Meal as Biofuel: A Polish Case Study." *Energies* (Basel) 15.10 (2022): 3615. Web.